

# Universidad de Cádiz

Proyectos fin de carrera de Ingeniería Técnica Industrial. Especialidad Química Industrial.

**Centro:** ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS

**Titulación:** Ingeniería Técnica Industrial. Especialidad Química Industrial.

**Título:** Dimensionamiento de una planta desaladora por ósmosis inversa para abastecer a las poblaciones de Motril y Salobreña.

**Autor:** Basilio José Tornay González

**Fecha:** Febrero 2014

# **ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS**

## **DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA**

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Química Industrial

Alumno: Basilio José Tornay González

Convocatoria: Febrero 2014

Agradecer a mis padres, pilares fundamentales de mi vida, por todo su apoyo y cariño durante mi etapa como estudiante y en la realización de este proyecto, sin ellos jamás hubiese conseguido lo que hasta ahora. Gracias a Pedro Luis Guerrero por toda su ayuda y paciencia. A mis amigos de verdad. Gracias a todos.

**“El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza”**

Leonardo Da Vinci



## **DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

<b>MEMORIA .....</b>	<b>5</b>
<b>MEMORIA DESCRIPTIVA .....</b>	<b>6</b>
<b>MEMORIA DE CÁLCULO .....</b>	<b>153</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>309</b>
<b>PLANOS .....</b>	<b>437</b>
<b>PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>451</b>
<b>PRESUPUESTO .....</b>	<b>504</b>

# DOCUMENTO I:

# MEMORIA

# CAPÍTULO I: MEMORIA DESCRIPTIVA

## CAPÍTULO I – MEMORIA DESCRIPTIVA

<b>1. ALCANCE Y OBJETIVO DEL PROYECTO .....</b>	<b>14</b>
<b>2. NORMATIVA Y DISPOSICIONES LEGALES PRICIPALES .....</b>	<b>15</b>
<b>3. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA .....</b>	<b>20</b>
<b>4. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>21</b>
4.1. La Carta del Agua .....	21
4.2. Recursos hídricos mundiales.....	22
4.3. Situación hídrica en España.....	24
4.4. Problemática de la zona de instalación de la planta desaladora.....	27
4.5. Programa A.G.U.A.....	29
<b>5. PRINCIPIOS DE LA DESALACIÓN.....</b>	<b>30</b>
5.1. Conceptos de la desalación .....	30
5.2. La desalación en el mundo.....	31
5.3. La desalación en España.....	33
5.4. Técnicas de desalación.....	35
5.4.1. Destilación súbita por efecto flash (MSF).....	35
5.4.2. Destilación por múltiple efecto (MED).....	36
5.4.3. Compresión térmica de vapor (TVC) .....	37

5.4.4. Destilación solar.....	38
5.4.5. Congelación .....	39
5.4.6. Formación de hidratos .....	40
5.4.7. Destilación con membranas .....	40
5.4.8. Compresión mecánica de vapor (CV) .....	40
5.4.9. Ósmosis inversa (OI) .....	41
5.4.10. Electrodialisis (ED) .....	43
5.4.11. Intercambio iónico .....	44
5.4.12. Selección de la técnica de desalación .....	44
<b>6. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGIA ELEGIDA.....</b>	<b>46</b>
6.1. Introducción.....	46
6.2. Diferencia entre ósmosis inversa y otros procesos de membrana .....	48
6.3. Teorías de la ósmosis .....	49
6.4. Definiciones y ecuaciones fundamentales .....	50
6.5. Membranas de ósmosis inversa.....	54
6.5.1. Según su composición química.....	54
6.5.2. Según su naturaleza.....	56
6.5.3. Según su estructura.....	57
6.5.4. Según su presión de trabajo.....	58

6.5.5. Según la morfología de su superficie.....	59
6.5.6. Según la carga superficial .....	59
6.6. Módulos .....	60
6.6.1. Módulos de placas.....	61
6.6.2. Módulos tubulares .....	62
6.6.3. Módulos de fibra hueca.....	62
6.6.4. Módulos en espiral.....	64
6.7. Agrupación de las membranas.....	67
6.7.1. Agrupación de los módulos.....	67
6.7.2. Agrupación de etapas .....	68
6.7.3. Agrupación de sistemas.....	70
6.8. Obstrucción y limpieza de las membranas .....	71
6.9. Parámetros operativos en el diseño de instalaciones de ósmosis inversa .....	74
6.10. Descripción de instalaciones principales en una planta por OI convencional....	82
6.10.1. Captación del agua salobre o marina .....	82
6.10.2. Pretratamientos .....	84
6.10.2.1. Pretratamientos químicos .....	85
6.10.2.2. Pretratamientos físicos .....	87
6.10.3. Unidad de ósmosis inversa .....	89

6.10.4. Recuperación energética .....	92
6.10.5. Postratamiento .....	95
6.11. Costes generales en una planta desaladora por ósmosis inversa .....	96
<b>7. CARACTERISTICAS DEL AGUA A DESALAR .....</b>	<b>97</b>
7.1. Introducción.....	97
7.2. Características físicas.....	98
7.3. Características químicas .....	100
<b>8. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA .....</b>	<b>102</b>
8.1. Introducción.....	102
8.2. Captación.....	104
8.2.1. Tipo de captación.....	104
8.2.2. Bomba de captación .....	105
8.3. Pretratamiento físico .....	105
8.3.1. Filtración grosera .....	106
8.3.2. Filtración de afino.....	109
8.4. Pretratamiento químico .....	111
8.4.1. Dosificación de hipoclorito sódico (desinfección) .....	111
8.4.2. Dosificación de ácido sulfúrico (ajuste de pH) .....	112
8.4.3. Dosificación de bisulfito sódico (decoloración) .....	113

8.4.4. Dosificación del antiincrustante.....	114
8.5. Depósitos.....	115
8.5.1. Depósito inicial .....	115
8.5.2. Depósitos de agua producto .....	116
8.5.3. Cántara de captación .....	116
8.5.4. Depósito de equilibrio osmótico .....	116
8.5.5. Depósitos de reactivos químicos .....	117
8.6. Unidad de ósmosis inversa.....	118
8.6.1. Membranas y tubos de presión .....	118
8.6.2. Bombas de alta presión .....	120
8.6.3. Sistema de recuperación de energía.....	120
8.6.4. Limpieza química .....	123
8.7. Bombas .....	125
8.7.1. Bombas de impulsión de agua de alimentación.....	125
8.7.2. Bomba de impulsión de permeado.....	126
8.7.3. Bomba de impulsión de agua producto.....	127
8.7.4. Bomba de impulsión de salmuera.....	127
8.7.5. Bombas dosificadoras .....	128
8.8. Agitadores.....	129



8.9. Mezcladores estáticos.....	130
8.10. Válvulas reductoras de presión.....	132
8.11. Postratamiento.....	133
8.11.1. Dosificación de hidróxido cálcico (remineralización) .....	133
8.11.2. Dosificación de hipoclorito sódico (desinfección) .....	134
8.12. Sistema hidráulico .....	135
<b>9. VIABILIDAD.....</b>	<b>139</b>
9.1. Viabilidad técnica.....	139
9.2. Viabilidad legal.....	140
9.3. Viabilidad económica.....	140
9.4. Viabilidad medioambiental.....	140
<b>10. MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DESALADORA .....</b>	<b>141</b>
10.1. Introducción.....	141
10.2. Tipos de mantenimiento .....	142
10.3. Funciones de mantenimiento .....	145
10.4. Plan de mantenimiento de la planta desaladora .....	146
10.4.1. Análisis inicial .....	146
10.4.2. Selección de los equipos .....	146
10.4.3. Mantenimiento .....	147

10.4.4. Lavado de membranas .....	148
10.4.5. Costes de mantenimiento .....	149
<b>11. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>150</b>

## **1. ALCANCE Y OBJETIVO DEL PROYECTO.**

El objetivo del presente proyecto es el dimensionamiento de una Planta Desaladora de Agua de Mar a través de la tecnología de ósmosis inversa, entre las poblaciones de Motril y Salobreña, para el abastecimiento de ambas.

La capacidad de producción de la planta es de 19.687,5 m<sup>3</sup>/día, considerando un consumo medio de 250 l/día por habitante, la instalación será capaz de abastecer a una población de 78.750 habitantes, teniendo en cuenta que ambas poblaciones suman la cantidad de 73.793 habitantes, tendremos un margen ante posibles pérdidas, aumentos de la población o cualquier otra situación que requiera mas producción de agua.

El agua producto deberá poseer las características exigidas en el RD 140/2003, de 7 de Febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

El alcance del proyecto se define en los siguientes puntos:

- Se determinará el dimensionamiento de las distintas unidades existentes en la planta, tales como, los filtros de arena, los filtros de cartuchos, etc.
- Se llevará a cabo el dimensionamiento de la unidad principal de la planta desaladora, siendo ésta la unidad de ósmosis inversa.
- Se justificará la elección del sistema de recuperación de energía más favorable para la planta desaladora.
- Se realizará el dimensionamiento del sistema hidráulico de la planta.

## 2. NORMATIVA Y DISPOSICIONES LEGALES PRINCIPALES.

La legislación aplicada en este proyecto, teniendo en cuenta que el agua producto se destinará para consumo humano, es fundamentalmente el Real Decreto 140/2003, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano (la cual sufre algunas modificaciones posteriores).

En esta ley se establece la calidad que debe tener un agua de bebida, realizando una clasificación de parámetros tal y como se muestra a continuación.

CONSTITUYENTES	PRESENCIA
<b>E coli</b>	0 UFC en 100 ml
<b>Enterococos</b>	0UFC en 100 ml
<b>Clostridium perfringens (incluidas esporas)</b>	0 UFC en 100 ml

Tabla 1. 1. Parámetros microbiológicos (RD 140/2003).

CONSTITUYENTES	PRESENCIA
<b>Antimonio</b>	5,0 µg/l
<b>Arsénico</b>	10,0 µg/l
<b>Benceno</b>	1,0 µg/l
<b>Benzo(α)pireno</b>	0,010 µg/l
<b>Boro</b>	1,0 mg/l
<b>Bromato (a partir del 01/01/2009)</b>	10,0 µg/l
<b>Cadmio</b>	5,0 µg/l
<b>Cianuro</b>	50,0 µg/l
<b>Cobre</b>	2,0 mg/l
<b>Cromo</b>	50,0 µg/l
<b>1,2-Dicloroetano</b>	3,0 µg/l
<b>Fluoruro</b>	1,5 mg/l

<b>Hidrocarburos Poli cíclicos Aromáticos (HPA)</b>	0,10 µg/l
<b>Mercurio</b>	1,0 µg/l
<b>Microcistina</b>	1,0 µg/l
<b>Níquel</b>	20,0 µg/l
<b>Nitrato</b>	50,0 mg/l
<b>Nitritos</b>	0,50 mg/l (en red de distribución) 0,10 mg/l (en salida de ETAP/depósito)
<b>Total de plaguicidas</b>	0,50 µg/l
<b>Plaguicida inividual (excepto casos particulares)</b>	0,10 µg/l
<b>Plomo (a partir del 01/01/2014)</b>	10,0 µg/l
<b>Selenio</b>	10,0 µg/l
<b>Trihalometanos (a partir del 01/01/2009)</b>	100,0 µg/l
<b>Tricloroeteno+tetracloroeteno</b>	10,0 µg/l

Tabla 1. 2. Parámetros químicos (RD 140/2003).

CONSTITUYENTES	PRESENCIA
<b>Acrilamida</b>	0,10 µg/l
<b>Epíclorhidrina</b>	0,10 µg/l
<b>Cloruro de vinilo</b>	0,50 µg/l

Tabla 1. 3. Parámetros químicos que se controlan según las especificaciones del producto (RD 140/2003).

CONSTITUYENTES	PRESENCIA
<b>Bacterias coliformes</b>	0 UFC en 100 ml
<b>Recuento de colonias a 22°C</b>	100 UFC en 1 ml (a la salida de la ETAP) Sin cambio anómalos (en red de distribución)

<b>Aluminio</b>	200 µg/l
<b>Amonio</b>	0,50 µg/l
<b>Carbón Orgánico Total</b>	Sin cambios anómalos
<b>Cloro combinado residual</b>	2,0 mg/l
<b>Cloro libre residual</b>	1,0 mg/l
<b>Cloruro</b>	250 mg/l
<b>Color</b>	15 mg/l Pt/Co
<b>Conductividad</b>	2.500 µS/c m <sup>-1</sup> a 20°C
<b>Hierro</b>	200 µg/l
<b>Manganeso</b>	50 µg/l
<b>Olor</b>	3 a 25°C
<b>Oxidabilidad</b>	5,0 mg O <sub>2</sub> /l
<b>pH</b>	6,5 (mínimo)
	9,5 (máximo)
<b>Sabor</b>	3 a 25°C
<b>Sodio</b>	200 mg/l
<b>Sulfato</b>	250 mg/l
<b>Turbidez</b>	1 UNF (a la salida de la ETAP/depósito)
	5 UNF (en red de distribución)

Tabla 1. 4. Parámetros indicadores (RD 140/2003).

Debemos hacer referencia a la Orden SSI/304/2013, de 19 de Febrero, sobre sustancias para el tratamiento del agua destinada al consumo humano, donde se establecen los criterios para la utilización de sustancias químicas en el tratamiento de agua destinada al consumo humano. Esta orden regula la actuación de las sustancias relacionadas en el anexo II del RD 140/2003.

Ya que la planta desaladora objetivo del presente proyecto se encuentra en Andalucía, tendremos en cuenta el Decreto 14/1996, de 16 de Enero, por el que se aprueba el reglamento de la calidad de las aguas litorales. Esta normativa regula el régimen de autorizaciones de vertido, la comprobación, vigilancia y control de la calidad de las

aguas, los objetivos de calidad, canon y fianzas, además, recoge los límites de vertido en varias tablas, a continuación se muestra la de parámetros generales, ya que es la que nos afectaría en la planta desaladora (en la siguiente tabla solo recogemos las medidas diarias).

PARAMETRO	MEDIDA DIARIA
pH	5-5,9
Color	1:400
Sólidos en suspensión (mg/l)	400
Materia sedimentable (mg/l)	3
Sólidos gruesos	Ausentes
Sólidos flotantes	Ausentes
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	400
DQO (mg/l)	600
COT (mg/l)	200
Turbidez (NTU)	250
Temperatura (°C)	Incremento de $\pm 3^\circ$
Cloro Residual Total (mg/l)	0,5
Aluminio (mg/l)	6
Sulfuros (mg/l)	2
Sulfitos (mg/l)	2
Nitratos (mg de NO <sub>3</sub> /l)	10
Aceites y grasas (mg/l)	40
Hidrocarburos no polares (mg/l)	20
Fenoles (mg/l)	15
Aldehídos (mg/l)	2
Detergentes (mg/l)	20
Pesticidas (mg/l)	1,2
Toxicidad (equitox)	50
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	0,02

(mg/l)	
<b>Organoclorados (Kg AOX/TAD)</b>	1

Tabla 1. 5. Parámetros generales calidad de aguas litorales (Decreto 14/1996).

Por otra parte, la Orden de 14 de Febrero de 1997, por el que clasifican las aguas litorales andaluzas y se establecen los objetivos de calidad de las aguas afectadas directamente por los vertidos, la cual se encuentra en consonancia con el decreto anterior, realiza una clasificación de las aguas del litoral andaluz, la cual se muestra a continuación.

Nº	Denominación	Delimitación	Clasificación	Anchura
1	Litoral Atlántico	Desde desembocadura del río Guadiana hasta cabo de Trafalgar	Normal	1 milla náutica
2	Canal del Padre Santo	Desde el faro espigón Juan Carlos I hasta punta de Sebo	Normal	
3	Ríos Tinto y Odiel	Desde la punta de Sebo hasta donde llega la influencia mareal (Niebla y Gibralfaró)	Limitada	
4	Rio Guadalquivir	Rio Guadalquivir	Limitada	
5	Bahía de Cádiz	Desde bajo de las Cabezas hasta punta de San Felipe	Limitada	Aguas interiores línea
6	Litoral Mediterráneo	Desde cabo de Trafalgar hasta límite con Murcia	Normal	½ milla náutica

Tabla 1. 6. Clasificación aguas andaluzas (Orden 14 Febrero 1997).

Según esta normativa y la situación geográfica de la planta desaladora, se encuentra en una zona denominada como normal, la cual se define como aquellas que debido a sus condiciones de renovación y/o a la cantidad de sustancias contaminantes que reciben, puedan verse menos afectadas por fenómenos de eutrofización, acumulación de sustancias tóxicas, etc., no previéndose efectos negativos sobre las mismas y sus usos.



Terminaremos de hablar de la normativa referente a la calidad de las aguas mencionando el Real Decreto 60/2011, de 21 de Enero, sobre las normas de calidad de las aguas y de las sustancias susceptibles a su contaminación.

Como es lógico, debemos hacer referencia a la Ley 11/2005, de 22 de Junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de Julio, del Plan Hidrológico Nacional, donde se establece como norma prioritaria la implantación de sistemas de desalación de agua marina o reutilización de aguas residuales, frente a los trasvases.

Por último, mencionar que además de la normativa detallada referente a aguas, tanto en el Pliego de Condiciones como a lo largo del actual proyecto se recogerán diferentes normativas según sea conveniente.

### **3. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA.**

La instalación desaladora objeto del presente proyecto se situará en Granada, concretamente en el municipio de Motril. Actualmente este municipio cuenta con una población censada de 61.171 habitantes, pero debemos tener en cuenta que la planta desaladora abastecerá tanto a esta población como a la población de Salobreña (12.622 habitantes), se ha optado por esta opción debido a la cercanía de ambas.

La parcela donde se situará la planta desaladora se encontrará cerca de la costa, de manera que los pozos de captación sean efectivos, y en el límite del municipio de Motril con Salobreña, en el plano N°2 puede observarse el emplazamiento concreto de la planta.

## 4. JUSTIFICACIÓN

### 4.1. La carta del agua.

En 1968 se firmó en Estrasburgo la denominada “carta del agua”, con el objetivo de valorar un bien común de recursos escasos que es medio de vida, y pasando a formas parte de una nueva cultura del agua bajo el lema “ahorrar y depurar”.

Esta carta tiene doce puntos, los cuales se recuerdan el 22 de Marzo con la celebración del Día Mundial del Agua por decisión de la Asamblea General de las Naciones Unidas, estos doce puntos deben ser tenidos en cuenta en cualquier proyecto de ingeniería cuya finalidad sea el tratamiento de aguas, los cuales se muestran a continuación:

- ✓ No hay vida sin agua. El agua es un tesoro indispensable para toda actividad humana.
- ✓ El agua no es inagotable. Es necesario conservarla, controlarla y, si es posible, aumentar su cantidad.
- ✓ Contaminar el agua es atentar contra la vida humana y la de todos los seres vivos que dependen del agua.
- ✓ La calidad del agua debe mantenerse en condiciones suficientes para cualquier uso; sobre todo, debe satisfacer las exigencias de la salud pública.
- ✓ Cuando el agua residual vuelve al cauce, debe estar de tal forma que no impida usos posteriores.
- ✓ Mantener la cubierta vegetal, sobre todo los bosques, es necesario para conservar los recursos del agua.
- ✓ Los recursos del agua deben ser inventariados.
- ✓ La correcta utilización de los recursos del agua debe ser planificada por las autoridades competentes.
- ✓ La conservación del agua debe potenciarse intensificando la investigación científica, formando especialistas y mediante una información pública adecuada.
- ✓ El agua es un bien común, cuyo valor debe ser conocido por todos. Cada persona tiene el deber de ahorrarla y usarla con cuidado.

- ✓ La administración del agua debe fundamentarse en las cuencas naturales más que en las fronteras políticas y administrativas.
- ✓ El agua no tiene fronteras. Es un bien común que requiere cooperación internacional.

#### **4.2. Recursos hídricos mundiales.**

La presión sobre los recursos hídricos está aumentando, principalmente como resultado de actividades humanas como la urbanización, el crecimiento demográfico, la elevación del nivel de vida, la creciente competencia por el agua y la contaminación, cuyas consecuencias se ven agravadas por el cambio climático y las variaciones en las condiciones naturales. Aunque la última década la sociedad se ha ido concienciando de la necesidad de mejorar la gestión y la protección del agua.

“A medida que crece la demanda de recursos hídricos en el mundo, en muchas regiones disminuye la probabilidad de disponer de agua dulce, como consecuencia del cambio climático”, es la advertencia que lanza el último informe de la Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo.

Hablando en términos generales podríamos decir que el agua es un recurso natural con reservas inagotables, el problema de este recurso es su disponibilidad, la cual en referencia al agua dulce es bastante limitada, de manera que pasa a ser realmente un bien escaso.

En la siguiente imagen podemos observar la distribución de agua mundial y la distribución de agua dulce.

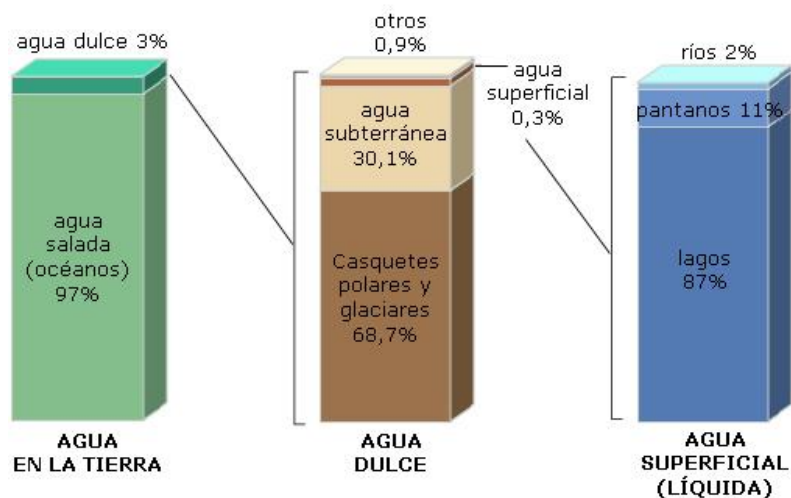


Figura 1. 1. Distribución de agua terrestre (United States Geological Survey).

Según esto, solo el 3% del agua disponible en la tierra es agua dulce, pero el problema se agrava cuando observamos que de esa cantidad el 30% aproximadamente son accesibles, ya que el resto se encuentra en los casquetes polares y glaciares, y que la mayor parte se trata de agua subterránea, lo que requiere un mayor esfuerzo en su aprovechamiento.

A todo ello se le suma la distribución hídrica del planeta, la cual no se encuentra de manera uniforme. Si consideramos que tanto las aguas superficiales como subterráneas proceden de la transformación en escorrentía de parte del agua precipitada, la relación entre recursos hídricos y precipitaciones es evidente, salvo excepciones, las regiones con mayores recursos hídricos son que las que reciben más precipitaciones y lo hacen de forma más regular.

Claro que, aún más desigual es la demanda que los grupos humanos ejercen sobre estos recursos para uso domestico, agrario o industrial, existiendo enormes diferencias entre el llamado mundo desarrollado y los países en vías de desarrollo. Así, mientras en países desarrollados el consumo domestico de agua por habitante es muy elevado, unos 1.000 millones de personas en el mundo no tiene acceso al agua potable, otros 2.000 carecen de un saneamiento adecuado.

Actualmente unos 26 países sufren problemas de escasez de agua, lo cual cada vez se prevé que sea peor, para 2050 llegará a 66 países.

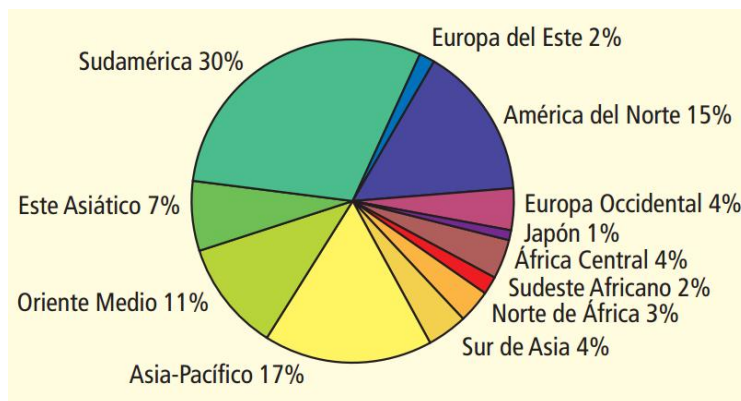


Figura 1. 2. Gráfico de la escasez hídrica mundial (google).

La disponibilidad del agua también viene determinada por su calidad. Las aguas contaminadas no pueden utilizarse como agua potable, ni para el baño, ni para usos industriales o agrícolas. Perjudican a la salud humana y degradan los servicios derivados de los ecosistemas. Se estima que el 80% de las aguas residuales del mundo no se recuperan ni reciben tratamiento.

Frente a esta problemática una de las alternativas que cada vez se encuentran más integradas es el aprovechamiento de estas aguas que en teoría son inutilizables, pero que si se le aplica una serie de procesos pueden reutilizarse y mitigar la situación del planeta.

#### 4.3.Situación en España.

En España se encuentran fuertes contrastes geográficos y climáticos que condicionan la distribución y disponibilidad de los recursos hídricos naturales. Puede afirmarse de forma simplificada que existe un acusado gradiente geográfico entre las áreas con abundantes recursos hídricos del norte y noroeste y las áreas secas del sur y del este. La siguiente figura muestra los recursos hídricos totales en régimen natural.

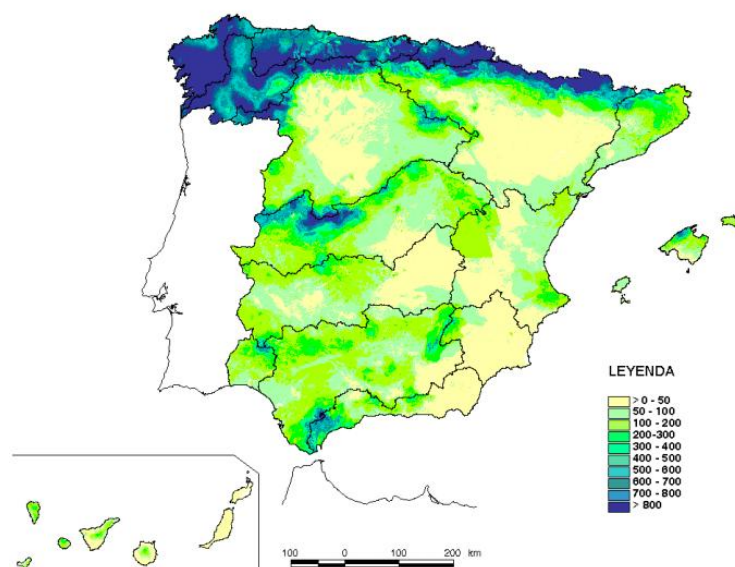


Figura 1. 3. Mapa de escorrentía total media anual en mm (google).

De esto podemos llegar a la conclusión de que según las zonas tendremos varias situaciones diferenciadas. Las unidades hidrográficas septentrionales cuentan con una abundante dotación natural de recursos, siendo improbable que este factor adquiriera carácter limitante.

Las cuencas interiores presentan abundancia global de recursos pero pueden sufrir problemas de escasez con carácter local, al albergar áreas continentales secas. La abundancia está condicionada por las aportaciones que se llevan a cabo desde los sistemas montañosos, del sistema Cantábrico y de los Pirineos.

Por último, las cuencas mediterráneas muestran una escasez natural de recursos que puede resultar limitante, la intensidad de estas limitaciones se hace máxima en el ámbito sudoriental comprendido entre el Cabo de la Nao (Alicante) y Sierra Nevada (Granada), afectando a la unidades hidrográficas de Júcar, Segura y Sur (en su parte oriental).

A continuación se muestra en la siguiente tabla la distribución de recursos por unidades de planificación hidrológica.

Ámbito de planificación	Recursos hídricos en régimen natural (hm <sup>3</sup> /año)
<b>Galicia costa</b>	12.250
<b>Norte</b>	31.907
<b>Ebro</b>	17.967
<b>Duero</b>	13.660
<b>Tajo</b>	10.883
<b>Guadiana</b>	5.475
<b>Guadalquivir</b>	8.601
<b>Sur</b>	2.351
<b>Segura</b>	803
<b>Júcar</b>	3.432
<b>C.I. Cataluña</b>	2.787
<b>TOTAL Península</b>	110.116

Tabla 1. 7. Distribución de recursos por unidades de planificación hidrológica.

Todo esto, obviamente, se trata de una aproximación con carácter indicativo, no obstante, la homogeneidad de las determinaciones y la unidad de tratamiento que se ha dado permite, hacerse una idea de la actual situación en España.

La captación de agua para cubrir las demandas de las diferentes actividades ha ido incrementándose en los últimos años en España. Sin embargo, a partir del año 2000, cambia la tendencia y comienza una época de estabilidad y moderado crecimiento. El volumen del agua extraída es muy desigual en los diferentes sectores, mientras que la agricultura supone el 65%, el sector energético es de un 17%, el abastecimiento no supone un 15% y la industria manufacturera un 3%.

#### 4.4. Problemática de la zona de instalación de la planta desaladora.

En primer lugar, debemos hacer referencia, aunque ya se ha comentado en el punto anterior, que nos encontramos en la zona sur de la cuenca mediterránea, concretamente entre los municipios de Motril y Salobreña, para el abastecimiento de agua desalada a ambas poblaciones, donde los recursos hídricos naturales escasean. Teniendo en mente esta situación nos centramos en los problemas que hay en esta zona en concreto.

Para hacernos una idea de la situación actual, tenemos que hacer mención al pantano de Rules, el cual es la gran problemática de la zona. Este embalse se inauguró en 2004, está situado en el cauce del río Guadalfeo, en los términos municipales de Vélez de Benaudalla y Órgiva, cuya capacidad es de 160 hm<sup>3</sup>, su uso es hidroeléctrico y de abastecimiento para riego y consumo humano.

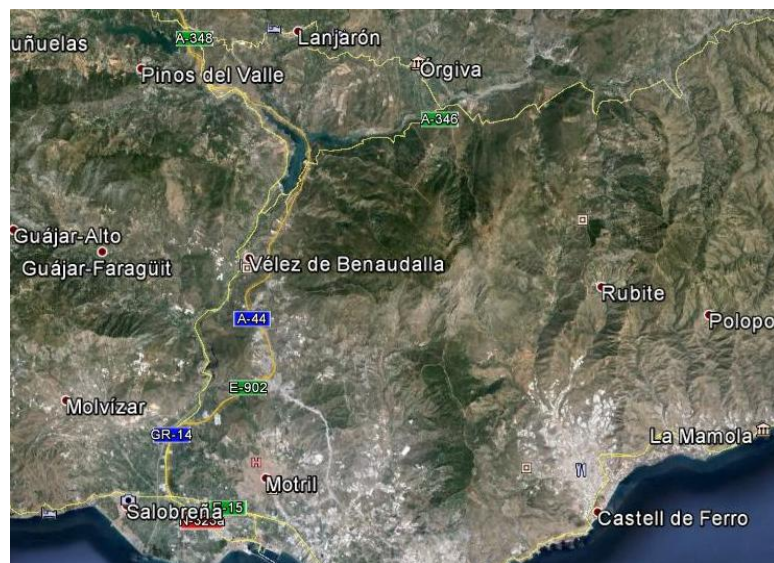


Figura 1. 4. Situación del embalse de Rules (google earth).

Este pantano abastecería a varios municipios colindantes de la zona, entre otros Motril y Salobreña. El problema de este embalse es que no se han realizado las obras de construcción para las canalizaciones, es decir, es un embalse con unas características muy buenas, pero sin los medios para poder aprovecharlas, de los 200 kilómetros de canalizaciones sólo se han construido 1,5 hasta Vélez de Benaudalla.



En 2010 frente a la problemática que describimos, la Junta de Andalucía hizo saber que haría una inversión de 80 millones de euros para acometer el proyecto de las canalizaciones del pantano de Rules, a día de hoy aún no se han acometido, y lo más grave es que no hay ningún proyecto con luz verde para solventar la situación.

Para la construcción de la presa de Rules se hizo una inversión de 228 millones de euros, una enorme inversión para que su inversión donde su uso principal es la navegación de aficionados al windsurf.

Además del problema de las canalizaciones se le une la noticia recogida y contrastada por el diario digital grandahoy.com, en el cual nos informan de que el pantano de Rules se está llenando de piedras.

Este embalse ha sido calificado de distintas maneras: “un monumento a la vergüenza” (Carlos Rojas, Diputado del Grupo Popular en el Parlamento de Andalucía), “una construcción inútil” (por no tener canalizaciones para llevar el agua), “la piscina más gran de España” (Ana Vanessa García, Concejala de Fomento, Urbanismo y Contratación de Güejar Sierra), y en el fondo de todos estos comentario irónicos hay una gran realidad, ya que, se está llenando de sedimentos de manera que los ecologistas calculan que en unos 40 años estará llena.

Esta situación se debe principalmente a que el río Guadalfeo aporta sedimentos. Fernando Alcalde, de la organización ecologista Buxus tiene el dato de que los materiales acumulados están creciendo a razón de 4 hectómetros cúbicos por año, teniendo en cuenta su capacidad, no hay más que hacer cuentas.

Según este mismo diario digital, en otro artículo recoge la noticia de que las playas se están quedando sin arena debido a la retención de estos sedimentos que de forma natural el río debería aportar a las playas, y se está reteniendo en dicho embalse.

Así, la situación de Rules es que apenas lleva construido diez años y ya se está llenando de piedras, se edificó sin que se hicieran de manera paralela unas canalizaciones, (lo cual ya está llevando a problemas) de manera que tira agua al mar cada día sin ningún uso,

por lo que resulta una construcción cuanto menos peculiar, ya que a día de hoy su construcción resulta inútil.

#### **4.5. Programa A.G.U.A.**

El programa A.G.U.A. (Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua) materializa la reorientación de la política del agua, mediante la explicación y difusión de actuaciones concretas diseñadas para garantizar la disponibilidad y la calidad del agua en cada territorio.

Este programa pretende dar a conocer a todos los ciudadanos la política del agua, para actuar de forma más responsable y exigente. Este programa surge de la necesidad de resolver las carencias en la gestión, la disponibilidad y la calidad del agua en España, concretamente en las cuencas mediterráneas; de manera que contempla 105 actuaciones divididas en los 3 grupos mencionados.

Algunas de estas actuaciones son la creación de un banco público del agua en cada cuenca hidrográfica de modo que permita reasignar los derechos históricos del agua, se establecerán tarifas del agua de acuerdo con los costes reales de obtención y tratamiento del agua, y se llevarán a cabo actuaciones de mejora de la gestión y del suministro de agua de calidad, a través de la reutilización y la desalación de aguas.

De este modo, observamos que la desalación se presenta como una de las tecnologías con mayores garantías para solucionar los problemas de calidad y garantía de abastecimientos en las zonas litorales, así como para consolidar el sector agrícola en zonas estratégicas para la economía nacional.

De este modo, el programa A.G.U.A. incluye un total de 34 plantas desaladoras a lo largo del territorio que conforman las cuencas mediterráneas, el desarrollo de estas actuaciones supone una enorme inversión (1.945 millones) y una capacidad de producción anual total de 713 hm<sup>3</sup>.

Y es que España puede considerarse un país puntero en la tecnología de desalación por osmosis inversa, tanto por su desarrollo territorial como por la experiencia acumulada de las empresas españolas en su implantación y explotación. De manera que podemos decir que nos encontramos en un momento oportuno para cambiar la denominación de recurso no convencional, refiriéndose al agua desalada, y pasar a considerar la desalación como un recurso convencional.

## 5. PRINCIPIOS DE LA DESALACIÓN

### 5.1. Conceptos de la desalación.

La desalación es un proceso de separación usado para separar y reducir el contenido de sales disueltas en una solución acuosa, y ésta puede realizarse por varias vías, implicando por lo general tres corrientes líquidas: el agua de alimentación que puede provenir de corrientes oceánicas o no, la cual entra de forma directa a la unidad desaladora, el agua producto y útil para uso humano, que es de baja salinidad, y el concentrado salino (salmuera o agua de rechazo) que habitualmente se devuelve al mar.

Para llevar a cabo la separación de las sales se requiere aportes de energía que provienen principalmente de fuentes externas, entre las que se encuentran la energía térmica, mecánica o eléctrica, en función del tipo de planta desaladora que se desee construir.

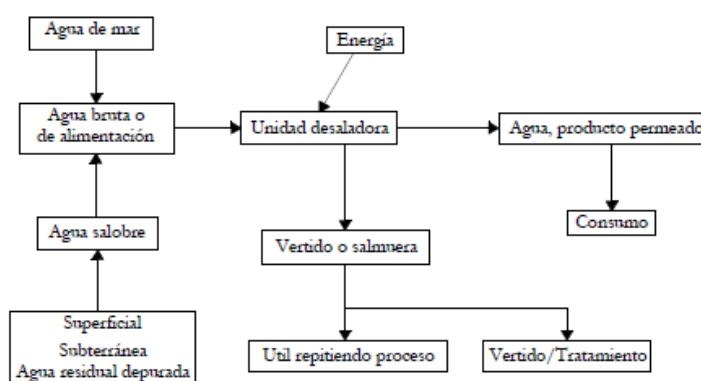


Figura 1. 5. Esquema simplificado del proceso de desalación.

De manera generalizada el proceso de desalación comenzaría con el agua de alimentación, la cual, ya sea de origen oceánico o no, es llevada hasta la planta desaladora por medio de estructuras de toma, que a pesar de su aparente simplicidad, su localización y diseño es muy importante, para el correcto funcionamiento de la planta. Esta agua de alimentación es conducida a través de las bombas, hacia la unidad desaladora (que depende del proceso empleado), donde el agua es separada de las sales.

La salmuera o agua de rechazo y el agua de enfriamiento (en el caso de plantas térmicas) que se produce durante el proceso, son desechadas a través de estructuras de descarga que desembocan por lo general en el mismo cuerpo del agua.

Las plantas desaladoras presentan además sistemas de pretratamiento (principalmente en desalación por osmosis inversa y algunos procesos térmicos) con el fin de adecuar el agua de alimentación para el proceso principal de desalación, y cuentan con pretratamientos para llevar el agua a niveles aptos para su consumo.

## **5.2.La desalación en el mundo.**

Las necesidades de agua se están incrementando rápidamente y los recursos hídricos actuales puede que no cumplan todos los requisitos para abastecer a toda la población mundial en un futuro no muy lejano.

La desalación de agua de mar (en algunos casos también agua salobre) se viene practicando desde hace unos 60 años, y es considerado en muchos países como un importante recurso de suministro de agua. Debemos señalar que el mayor paso en el desarrollo de este campo fue en los años 40, durante la segunda guerra mundial, donde varios militares asentados en zonas áridas necesitaban agua para abastecer a sus tropas. El potencial que la desalación ofrecía fue reconocido después de la guerra, y fue a partir de ahí cuando se comenzó a trabajar sobre ello en muchos países.

En la década de los 60 se producían unos 8.00 metro cúbicos de agua desalada en el mundo, a través de procesos térmicos. Fue a partir de los años 70, con la

comercialización de los procesos de membrana tales como la electrodiálisis y la ósmosis inversa, cuando la desalación comenzó a crecer de manera exponencial.

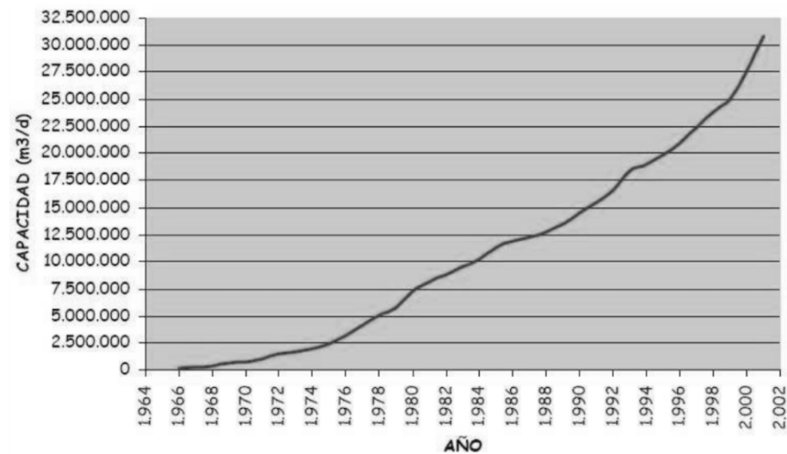


Figura 1. 6. Gráfico de la evolución de la capacidad mundial de agua desalada (google).

Durante los años 80 las tecnologías de desalación tuvieron un importante empuje comercial, esto vino de la experiencia alcanzada con plantas construidas y operadas en décadas anteriores. En los años 90 la tecnología de la desalación se convirtió en un recurso común en el abastecimiento de agua en muchos países.

Actualmente funcionan más de 17.000 plantas desaladoras de todo tipo y tamaño, creciendo continuamente, en la siguiente gráfica podemos fijarnos en la cantidad de agua desalada producida por países, observamos que los mayores porcentajes se encuentran en países que presentan un gran déficit hídrico, a excepción de Estado Unidos que si los posee.

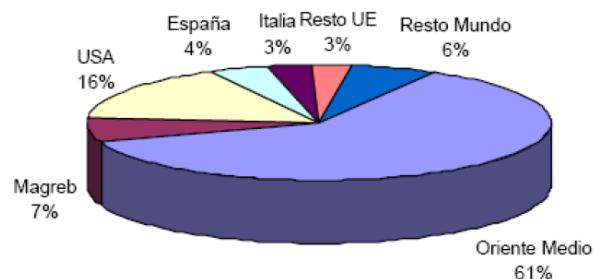


Figura 1. 7. Capacidad de desalación por países (bibliografía [1]).

### 5.3.La desalación en España.

Al fuerte desequilibrio de los recursos hídricos en España, se le suman los consumos de las zonas con agricultura intensiva de regadío e infraestructuras turísticas, que además consumen en épocas de verano, cuando se producen menos precipitaciones, esto hace que sea necesario en muchas zonas recurrir a la desalación para cubrir las demandas de agua, actualmente se trabaja en este aspecto llevando a cabo planes como el programa A.G.U.A. para mejorar la situación.

En España la desalación queda prácticamente reducida al Levante español, Murcia, Andalucía, los archipiélagos (Baleares y Canarias), Ceuta y Melilla. El principal destino del agua desalada es el abastecimiento urbano (59%), seguido del agrícola (22%) y por último el industrial (19%).

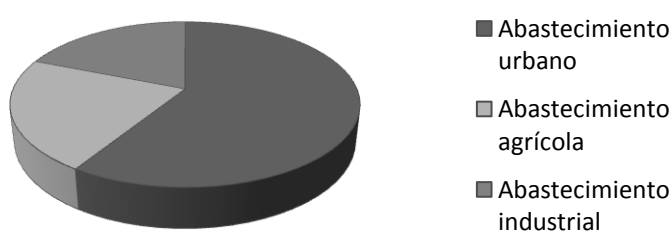


Figura 1. 8. Usos del agua desalada en España.

La puesta en marcha de grandes desaladoras no se ha detenido desde que a mediados de los años 60 se construyera la primera en la isla de Lanzarote. Actualmente, la producción está entre 3,4 y 4 hm<sup>3</sup>/día, siendo las más destacadas la planta de Carboneras (120.000 m<sup>3</sup>/h), la planta de Valdelentisco (140.000 m<sup>3</sup>/h) y la de Barcelona (200.000 m<sup>3</sup>/h).

En resumen, la instalación de plantas desaladoras en España se plantea como una solución en áreas localizadas (hasta ahora con capacidad instalada en la mayoría de ellas no muy grandes). España es el país europeo más puntero en tecnología de desalación por osmosis inversa, de manera que plantea la posibilidad de realizar su implantación de forma eficaz.

#### 5.4. Técnicas de desalación

En la desalación se pueden separar el agua de las sales o viceversa, de modo que la primera clasificación de los métodos de desalación se atenderá a la forma de separación de sales y agua. Las siguientes clasificaciones se harán según el tipo de energía utilizada para el proceso, y finalmente por el proceso físico de la desalación, la siguiente tabla muestra dichas clasificaciones de los métodos existentes.

Separación	Energía	Proceso	Método
Agua de sales	Térmica	Evaporación	Destilación súbita (flash)
			Destilación multiefecto
			Termocompresión de vapor
			Destilación solar
	Mecánica	Cristalización	Congelación
			Formación de hidratos
		Filtración y evaporación	Destilación con membranas
		Evaporación	Compresión mecánica vapor
Sales de agua	Eléctrica	Filtración selectiva	Ósmosis inversa
			Electrodíálisis
	Química	Intercambio	Intercambio iónico

Tabla 1. 8. Técnicas de desalación actuales.

A continuación se va a dar una breve descripción de los procesos de desalación existentes actualmente, haciendo mayor hincapié en aquellos más extendidos en la industria desaladora.

#### 5.4.1. Destilación súbita por efecto flash (MSF).

La desalación obtenida por destilación consiste en evaporar agua para conseguir vapor que no contiene sales (éstas son volátiles a partir de 300°C), el vapor se condensa después en el interior o exterior de los tubos de la instalación. Los sistemas de desaladoras suelen operar por debajo de la presión atmosférica, por lo que necesitan un sistema de vacío (bombas o eyectores), además de la extracción del aire y gas no condensable.

La utilización de una cámara flash permite una evaporación súbita (y por tanto de carácter irreversible) previa a su posterior condensación. De manera general, la cámara flash se sitúa en la parte baja de un condensador de dicho vapor generado en la cámara inferior. Así, la recuperación de calor necesario para la evaporación se obtiene gracias a la unión sucesiva de etapas en cascada a diferente presión, y es necesario el aporte mínimo de la condensación de un vapor de baja o media calidad proveniente de una planta de generación eléctrica. La figura 1.9. muestra un esquema de una planta de evaporación súbita por efecto flash.

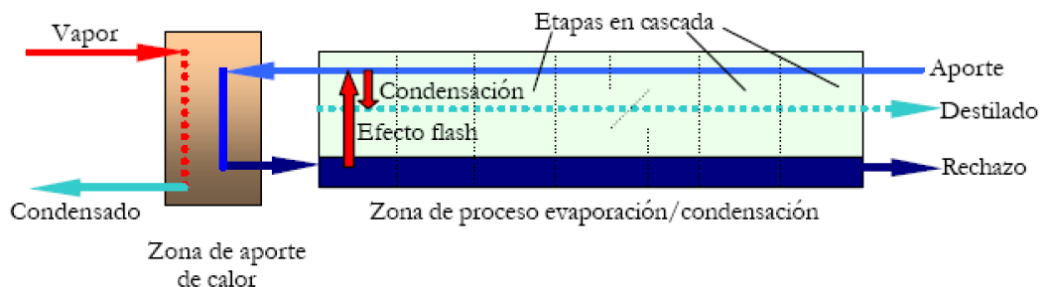


Figura 1. 9. Esquema de una planta de evaporación súbita por efecto flash (bibliografía [1]).

Algunas de las ventajas de este proceso de desalación son:

- Válido cuando la calidad de agua bruta no es buena.
- Su acoplamiento con plantas de potencia para formar sistemas de cogeneración es muy fácil y permite una gran variabilidad de rangos de operación en ambas plantas.



- La capacidad de las plantas de MSF es mucho mayor que en otras plantas destiladoras, en virtud de la cantidad de etapas conectadas en cascada sin problemas de operación.

Sin embargo, estas plantas tienen un grave inconveniente, y es que su consumo específico, definido como la cantidad de energía consumida para producir un metro cúbico de agua desalada, es de los más altos de los procesos de desalación. Además de el consumo térmico proveniente de la planta productora de electricidad (siendo el más alto de los procesos de destilación), se le suma el consumo eléctrico debido al gran número de bombas necesarias para la circulación de los flujos de la planta. El coste de operación no es todo, ya que su coste de instalación no es más bajo que otros procesos de desalación.

#### 5.4.2. Destilación por múltiple efecto (MED).

En la destilación por múltiple efecto la evaporación se produce de forma natural en una cara de los tubos de un intercambiador aprovechando el calor latente desprendido por la condensación del vapor en la otra cara del mismo. En la siguiente figura se representa un esquema de una planta desaladora de destilación por múltiple efecto.

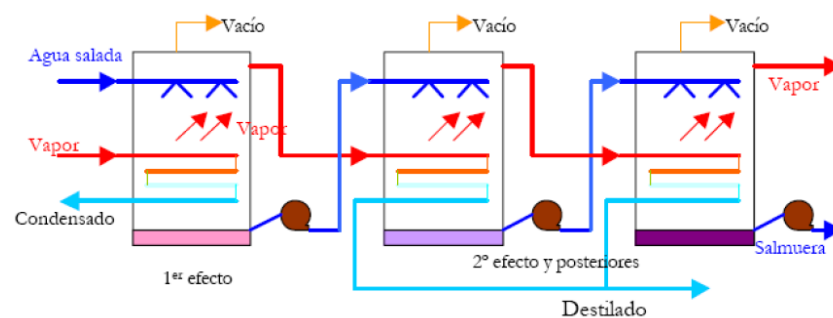


Figura 1. 10. Destilación múltiple efecto con evaporadores horizontales (bibliografía [2]).

Una planta de MED tiene varias etapas conectadas en serie o diferentes presiones de operación, dichos efectos sucesivos tienen cada vez un punto de ebullición más bajo por el efecto de dicha presión. Esto permite que el agua de alimentación experimente múltiples ebulliciones, en los sucesivos efectos, sin necesidad de recurrir al calor adicional a partir del primer efecto. El agua salada se transfiere luego al efecto siguiente para sufrir una evaporación y el ciclo se repite, utilizando el vapor generado en cada efecto.

La primera etapa se nutre de vapor externo de un sistema recuperativo, una turbina de contrapresión (o extracción de una condensación). Un condensador final recoge el agua dulce en la última etapa precalentando el agua de alimentación al sistema. De modo que las plantas de MED también conforman sistemas de cogeneración al igual que las MSF consumiendo una porción de energía destinada a priori la producción eléctrica.

La capacidad de estas plantas suele ser más reducida que las MSF (no suelen superar los 15.000 m<sup>3</sup>/día). También el número máximo de efectos conectados en serie raramente es mayor de 15, a excepción de las MED con múltiples efectos integrados en cada uno de ellos, llegando a tener 50.

Sin embargo, tienen un mayor rendimiento global con respecto a una MSF, esto se debe a la irreversibilidad asociada al proceso de separación flash que aparece en los procesos de MSF. Además, el consumo eléctrico es menor que la MSF ya que necesita menos bombas de circulación al no existir recirculación de salmuera.

#### **5.4.3. Compresión térmica de vapor (TVC).**

La compresión térmica de vapor obtiene el agua destilada con el mismo proceso que una destilación por múltiple efecto (MED), pero utiliza una fuente de energía térmica diferente: los llamados compresores térmicos (o termocompresores), que consumen vapor de media presión proveniente de la planta de producción eléctrica (si tenemos una planta dual, sino sería de un vapor de proceso obtenido expresamente para ello) y que

succiona parte del vapor generado en la última etapa a muy baja presión, comprimiéndose y dando lugar a un vapor de presión intermedia a las anteriores adecuado para aportarse a la primera etapa.

El rendimiento de este tipo de plantas es similar a las de las planta de MED, sin embargo, su capacidad desaladora puede ser mucho mayor al permitirse una mayor adaptabilidad de toma de vapor de las plantas productoras del mismo.

En la siguiente figura se muestra la configuración de una planta de TVC.

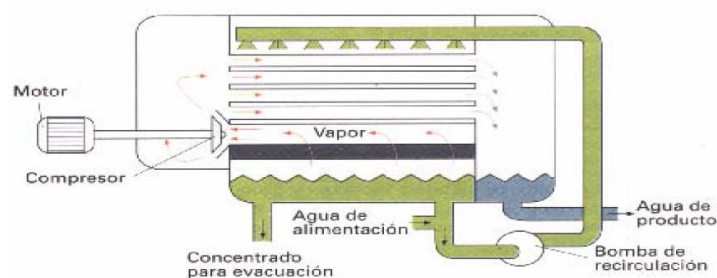


Figura 1. 11. Esquema de un termocompresor de plata (TVC) (google).

#### 5.4.4. Destilación solar.

La energía solar es el método ideal para producir agua en zonas áridas y muy aisladas del resto de poblaciones. A pesar de tener un coste energético nulo y escasa inversión necesaria, su baja rentabilidad reside en su escasa producción por metro cuadrado de colector al destilarse tan solo unos litros al día en el caso de condiciones climatológicas favorables. Por lo tanto, no se han desarrollado a gran escala en lugares con consumo elevado de agua dulce.

Hay varias formas de producir agua dulce usando la energía solar, siendo la más destacada la destilación por colectores. Este tipo de destilación se realiza de manera que el sol caliente una cámara de aire a través de un cristal transparente, en cuyo fondo hay agua salada en reposo.

Dependiendo de la radiación solar y otros factores como la velocidad del viento, parte de esta agua salada se evapora y se condensa en la cara interior del vidrio, al estar este vidrio de manera inclinada, las gotas caen a un canal que va recogiendo dicho condensado. Aunque pueden emplearse técnicas para su mejoramiento, no suelen ser rentables.

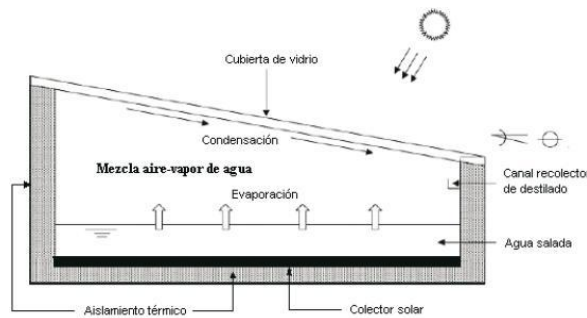


Figura 1. 12. Esquema de un destilador solar (google).

#### 5.4.5. Congelación.

Este proceso consiste en congelar el agua y recoger los cristales de agua pura formados para fundirlos y obtener un agua dulce independientemente de la concentración del agua inicial. Aunque pueda parecer un proceso sumamente sencillo tiene problemas de adaptación para su implantación a escala industrial, ya que el aislamiento térmico para mantener el frío y los mecanismos para la separación de los cristales de hielo deben mejorarse para que este proceso sea algún día competitivo, así como adaptar la tecnología a intercambiadores de frío. No se ofrecen datos del consumo específico de este proceso porque solo existen experimentos de pequeña escala no extrapolables a la realidad.

#### **5.4.6. Formación de hidratos.**

Es otro método basado en el principio de la cristalización, que consiste en obtener, mediante la adición de hidrocarburos a la solución salina, unos hidratos complejos en forma cristalina, con una relación molécula hidrocarburo/molécula agua del orden de 1/18.

Al igual que el anterior, su rendimiento energético es mayor que los de destilación, pero conlleva una gran dificultad tecnológica a resolver en cuanto a la separación y el lavado de los cristales que impiden su aplicación industrial.

#### **5.4.7. Destilación con membranas.**

Es un proceso combinado de evaporación y filtración. El agua salada bruta se calienta para mejorar la producción de vapor, que se expone a una membrana que permite el paso de vapor pero no del agua (membrana hidrófoba). Después de atravesar la membrana el vapor se condensa, sobre una superficie más fría, para producir agua desalada. En estado líquido, esta agua no puede retroceder atravesando la membrana por lo que es recogida y conducida hacia la salida.

Desgraciadamente, este proceso sólo ha sido desarrollado a nivel de laboratorio por varios grupos de investigación científica.

#### **5.4.8. Compresión mecánica de vapor (CV).**

En la compresión mecánica por vapor evapora un líquido, en este caso el agua salada, en un lado de la superficie de intercambio, y se comprime lo suficiente para que condense en el otro lado y pueda mantener el ciclo de destilación de agua salvando las pérdidas del proceso y la elevación de la temperatura de ebullición.

En la figura podemos ver un compresor de vapor acoplado a un intercambiador de tubos verticales de una única etapa, simplificando todos los elementos auxiliares podemos ver que el vapor interior de los tubos es comprimido a presión atmosférica en torno a 0,2 bares en un compresor volumétrico especial para trasegar vapor. El vapor ligeramente sobrecalentado se condensa en el exterior de los tubos del intercambiador, siendo recogido por una bomba en su parte inferior.

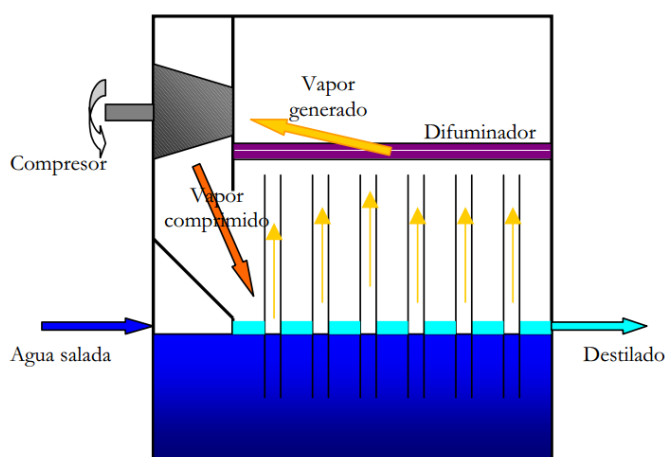


Figura 1. 13. Diagrama de la compresión de vapor con evaporador de tubos verticales (bibliografía [1]).

En todo caso, el consumo específico de estas instalaciones es el más bajo de los procesos de destilación, aunque tiene un gran inconveniente, la inexistencia de compresores volumétricos de vapor de baja presión de tamaño suficiente para una producción considerable (no se conocen unidades de CV mayores de 5.000 m<sup>3</sup>/día).

#### 5.4.9. Ósmosis inversa (OI).

La ósmosis se lleva a cabo cuando dos soluciones con diferentes concentraciones se unen a través de una membrana semipermeable, en este caso se produce una circulación natural de la solución menos concentrada para igualar las concentraciones finales, de manera que la diferencia de altura producida (suponemos los recipientes de cada soluto al mismo nivel inicial) se traduce en una diferencia de presión, llamada osmótica.

Sin embargo, si aplicamos una presión externa que sea mayor a la presión osmótica de una disolución respecto a la otra, así se hace pasar agua de la solución más concentrada y purificando la zona con menor concentración, obteniendo finalmente un agua con pureza admisible, aunque no comparable con a la de procesos de destilación.

La cantidad de permeado (agua filtrada) depende de la diferencia de presiones aplicada a la membrana, sus propiedades y la concentración de agua bruta, y la calidad del agua permeada suele estar en torno a los 300-500 ppm de TDS (sólidos totales disueltos).

Las membranas que se emplean en la osmosis debe resistir presiones mucho mayores a la diferencia de presiones osmóticas de ambas soluciones.

El proceso de osmosis inversa es muy simple a priori, ya que son necesarias membranas que filtren el contenido salino y el equipo presurizador, pero una planta de OI es mucho más compleja que una agrupación de módulos y una o varias bombas, por ejemplo, en este tipo de plantas es necesario un pretratamiento intensivo ya que las membranas tienden a ensuciarse con la operación continuada.

El proceso de ósmosis inversa es predominante en España, debido a las razones que se exponen a continuación.

- El consumo eléctrico específico de una instalación de OI es el menor de los estudiados hasta ahora, además se puede aprovechar la energía contenida en la salmuera rechazada a alta presión para rebajar este consumo.
- Al ser un proceso de “filtración”, el coste energético depende de la concentración del agua bruta, cosa que no ocurre en las tecnología de evaporación.
- Permite una adaptabilidad mayor que otras plantas a una ampliación de su capacidad si la demanda es creciente en la zona.
- Los costes de inversión de una instalación de OI están por debajo de otras tecnologías de destilación.

Sin embargo, las limitaciones tecnológicas asociadas a las membranas con algunos tipos de aguas marinas impiden su implantación total en el resto del mundo.

#### 5.4.10. Electrodialisis (ED).

Este proceso permite la desmineralización de aguas salobres haciendo que los iones de diferente signo se muevan hacia zonas diferentes aplicando campos eléctricos con diferencias de potencial aplicados sobre electrodos, y utilizando membranas selectivas que permitan sólo el paso de los iones en una sola solución electrolítica como es el agua salada.

En la siguiente figura puede observarse mejor el proceso, donde los iones van a los compartimentos atraídos por los electrodos del signo contrario, dejando en cubas paralelas el agua pura y en el resto el agua salada más concentrada.

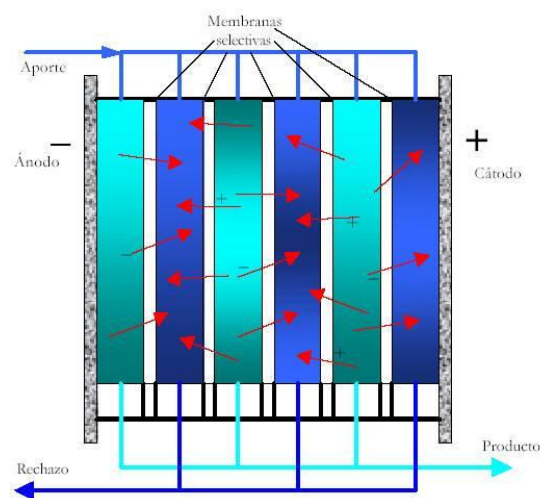


Figura 1. 14. Proceso de electrodialisis (google).

Se trata de un proceso que solo puede sustancias que están ionizadas, así que su utilidad y rentabilidad está solo especialmente indicada para el tratamiento de aguas salobres o reutilización de aguas residuales, con un consumo específico y de mantenimiento comparable en muchos casos a la osmosis inversa



#### 5.4.11. Intercambio iónico.

Las resinas de intercambio iónico son sustancias insolubles, que cuentan con la propiedad de que intercambian iones con la sal disuelta si se ponen en contacto.

La desmineralización por intercambio iónico proporciona agua de gran calidad si la concentración de sal es menor de 1g/l. Por lo tanto, se utiliza para acondicionar aguas para calderas a partir de vapores recogidos o acuíferos, o en procesos industriales de tratamiento de afino. Las resinas normalmente necesitan regeneración con agentes químicos para sustituir los iones originales y los fijados en las resinas, y terminan por agotarse. Su cambio implica un coste difícilmente asumible para aguas de mar y aguas salobres.

Este proceso tiene una implantación industrial muy profunda en las plantas de tratamiento de aguas para el ciclo de vapor de centrales térmicas.

#### 5.4.12. Selección de la técnica de desalación.

Después de una detalla exposición de los diferentes procesos de desalación actualmente existentes, tan solo encontramos unos pocos procesos tecnológicamente viables actualmente a escala industrial: la evaporación súbita por efecto flash (MSF), la destilación de múltiple efecto (MED), la termocompresión de vapor (CV), la osmosis inversa (OI) y la electrodiálisis (ED).

A modo de recopilación es necesario realizar un análisis comparativo de las ventajas e inconvenientes de cada uno de estos métodos para la producción de agua desalada, el cual se recoge en la siguiente tabla.

Característica	MSF	MED-TVC	CV	OI	ED
<b>Tipo energía</b>	térmica	térmica	eléctrica	eléctrica	Eléctrica
<b>Consumo energético</b>	alto	alto/medio	medio	bajo	Bajo

<b>Coste instalaciones</b>	alto	alto/medio	alto	medio	medio
<b>Capacidad producción</b>	alta	media	baja	alta	media
<b>Posibilidad ampliación</b>	difícil	difícil	difícil	fácil	fácil
<b>Fiabilidad de operación</b>	alta	media	baja	alta	alta
<b>Desalación agua de mar</b>	si	si	si	si	no
<b>Calidad agua desalada</b>	alta	alta	alta	media	media
<b>Superficie terreno necesaria</b>	mucha	media	poca	poca	poca

Tabla 1. 9. Comparación técnicas de desalación.

Según podemos observar en la tabla anterior, tanto la evaporación súbita por efecto flash como la destilación múltiple efecto tienen un alto consumo energético, el coste de instalación es alto y la superficie del terreno requerida para la instalación es mucha, de modo que se eliminaran como posibles propuestas.

Teniendo en cuenta los tres restantes, el elegido final es el sistema de osmosis inversa, ya que es el que mejores condiciones tiene, al tener un bajo consumo energético, un coste de instalación asequible, es capaz de producir grandes cantidades de agua desalada, cuenta con una gran facilidad a la hora de posibles ampliaciones, son plantas pequeñas en comparación con las demás y además, tienen una alta fiabilidad de operación, la una contraindicación es que el agua producto tiene una calidad media con respecto a otras técnicas de desalación, lo que un buen pretratamiento y postratamiento soluciona.

## **6. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGIA ELEGIDA.**

### **6.1. Introducción.**

El tipo de desalación que en el punto anterior hemos llegado a la conclusión de que es el más recomendable, es el de la osmosis inversa, de manera que en los siguientes puntos haremos mención de los aspectos fundamentales de esta tecnología.

Para hacernos una idea, debemos familiarizarnos con el término osmosis. Este fenómeno físico-químico tiene lugar cuando dos soluciones en contacto a través de una membrana semipermeable, que constituye un límite diamétrico y rígido, tienen concentraciones distintas, de manera que al existir un gradiente de potencial químico se genera un flujo de solvente de la solución hipotónica a la hipertónica hasta que se igualen los potenciales y equivalentemente las concentraciones. La diferencia de nivel entre ambas soluciones tras el equilibrio corresponde a la presión osmótica, que conforma una de las cuatro propiedades coligativas de las soluciones.

Pero la tecnología escogida como su propio nombre indica (osmosis inversa) es el proceso exactamente contrario a la osmosis natural, de manera que al aplicar una presión mayor que la presión osmótica en la solución con mayor concentración, el flujo se invierte, llevando al solvente a fluir a través de la membrana, produciendo la desalación del agua. Este proceso cabe destacar que no es ideal, por lo que la desalación nunca será del 100%.

En la siguiente figura podemos observar ambos casos.

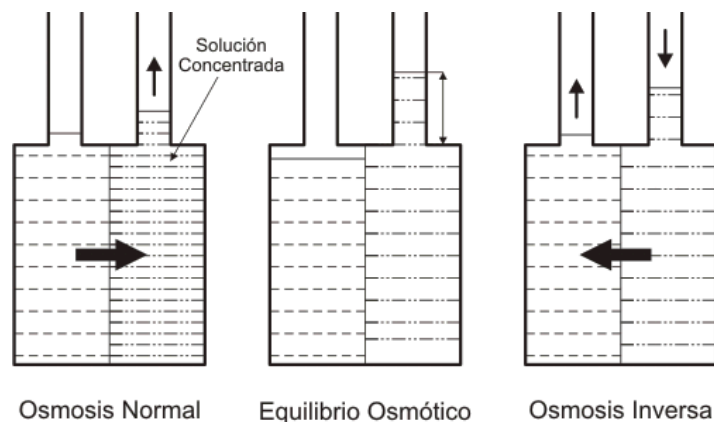


Figura 1. 15. Distintos casos de la ósmosis (google).

Sin embargo, en la práctica no es necesario vencer la presión osmótica de la solución de alimentación, sino solo la diferencia de presión osmótica entre las soluciones de alimentación y producto. Esta presión depende del flujo de agua a través de la membrana y cambia de cero hasta un límite dado por las características de la membrana.

Con las membranas reales puede fluir con diferencias de presión que son pequeñas comparadas con la presión osmótica de la solución de alimentación, pero el caudal desalado es en circunstancias, prácticamente despreciable.

Si se analizan las distintas fases de este proceso vemos que los elementos fundamentales para poder reproducir este fenómeno a escala industrial lo constituyen la bomba necesaria para aplicar la presión y la membrana capaz de realizar la separación de sales.

El elemento que diferencia la ósmosis inversa de otros procesos es la membrana, la cual debe reunir las siguientes características:

- Resistencia a las presiones a que se va a someter la solución para invertir el proceso.
- Permeable al agua para que el flujo que proporciona sea elevado.
- Rechazo de un elevado porcentaje de sales para que el producto sea de buena calidad.

## 6.2. Diferencia entre la ósmosis inversa y otros procesos de membrana.

Aunque en ocasiones se ha querido ver la ósmosis inversa como un proceso de filtración a escala molecular, se comprende fácilmente que la OI es un fenómeno claramente diferente a la filtración. Los aspectos que marcan más claramente la diferencia son:

- En la filtración todo el caudal atraviesa el elemento separador, que impide únicamente el paso de las partículas sólidas de un determinado tamaño. En la OI en cambio, solo una parte del caudal de alimentación atraviesa la membrana constituyendo el producto, mientras que el resto es eliminado sin atravesar la membrana y constituye el rechazo.
- En la OI no se produce la acumulación del material separado sobre la superficie de la membrana, como ocurre en la filtración, pues precisamente el rechazo produce el arrastre de dicho material.
- En la filtración el flujo de agua a tratar es perpendicular a la membrana, mientras que en la ósmosis es paralelo a ella.

Además de manera orientativa se muestra a continuación los métodos de separación mediante membranas más comunes.

- Microfiltración: es la operación más parecida a la filtración convencional, se utiliza para retener sólidos en suspensión y como una etapa de clarificación, limpieza o concentración.
- Ultrafiltración: se retienen moléculas relativamente grandes, como proteínas y partículas como coloides y emulsiones, las moléculas pequeñas pasan libremente.
- Nanofiltración: se emplea para la retención de moléculas orgánicas de bajo peso molecular e iones multivalentes, como el calcio. Frente a la ósmosis inversa, la presión aplicada es pequeña, mientras que los flujos son altos.
- Ósmosis inversa: permite la retención de moléculas de pequeño peso molecular, como las sales. Las principales aplicaciones se encuentran en la desalación de

agua de mar, en la producción de agua ultrapura, la concentración de zumos o el tratamiento de aguas residuales.

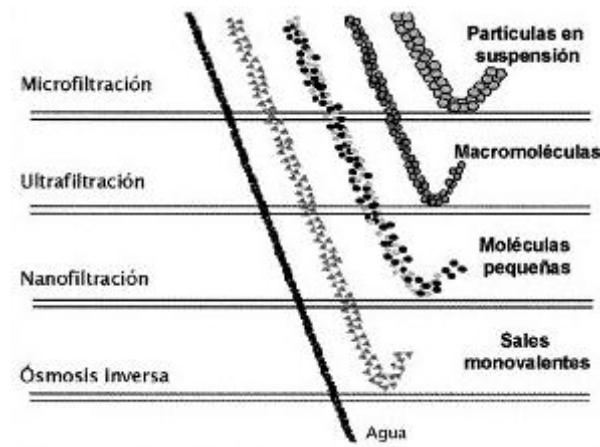


Figura 1. 16. Paso a través de la membrana de los diferentes procesos por membranas (google).

### 6.3. Teorías de la ósmosis.

Al hablar de este concepto, nos encontramos con dos teorías que tratan de explicar y describir el transporte de solvente y soluto a través de una membrana semipermeable.

De manera general, las membranas deben ser capaces de afectar a las propiedades termodinámicas y de transporte del agua y de las sales por medio de fuerzas que no dependen en principio, del tamaño de los iones o moléculas que han de separarse. Dichas fuerzas pueden ser de rango corto (Van der Waals) o de rango largo (Coulomb).

Existen dos teorías que predicen la forma en que se produce el paso de agua a través de la membrana:

- La teoría de Sourirajan afirma que existe un flujo convectivo de agua a través de los poros de la membrana que se produce en dos etapas:

- En la primera el agua es absorbida preferencialmente sobre la superficie de la membrana.
- En la segunda, la capa con el agua absorbida es drenada a través de los poros de la membrana.

Según este modelo, el tamaño molecular de los materiales del agua de alimentación juega un papel importante en la determinación de su rechazo por membrana.

- La teoría de Merten parte de la idea de que la membrana no tiene poros por lo que, el flujo convectivo no puede existir. El agua se disuelve en la capa superficial de la membrana y después se difunde a través de una capa sin poros de la misma.

En este modelo, el rechazo sería función de la solubilidad relativa del soluto y el solvente. Esta teoría es lo que se conoce como el modelo de solución-difusión que es el utilizado habitualmente para las membranas de ósmosis inversa, y es en el que nos basaremos en nuestra instalación.

#### **6.4. Definiciones y ecuaciones fundamentales.**

El proceso de desalación queda enmarcado por una serie de ecuaciones que definen los distintos aspectos que deben conocerse para la realización del proyecto o dimensionamiento de las distintas instalaciones. Los diferentes caudales que se generan en el proceso son:

- Caudal de alimentación (QA): agua que entra en el sistema de ósmosis inversa después del pretratamiento y acondicionamiento, que se pretende desalar.
- Caudal de producto (QP): corresponde al agua a la que se le han eliminado o reducido las sales.
- Caudal de concentrado (rechazo o salmuera) (QR): que arrastra las sales que han sido separadas por la membrana y que se depositarían sobre ella.

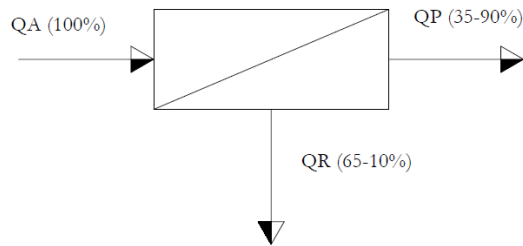


Figura 1. 17. Esquema con caudales de operación de la unidad de ósmosis inversa.

La relación entre las citadas magnitudes es:

$$Q_A = Q_P + Q_R \quad [1.1.]$$

Del mismo modo, tendremos las concentraciones del agua de alimentación (CA), de producto (CP) y de rechazo (CR), relacionados entre sí mediante:

$$Q_A \cdot C_A = Q_P \cdot C_P + Q_R \cdot C_R \quad [1.2.]$$

A partir de aquí se consideran las ecuaciones mostradas a continuación para posteriores cálculos.

- Ecuación de flujo de agua:

$$J_v = A \cdot (\Delta P - \Delta \Pi) \quad [1.3.]$$

Donde:

- $J_v$ = es el flujo de la solución (m/s).
- $A$ = coeficiente de permeabilidad del solvente (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·h·bar).
- $\Delta P$ = representa la presión hidráulica a ambos lados de la membrana.
- $\Delta \Pi$ = es el gradiente de presión osmótica a un lado y otro de la membrana.

El coeficiente A es característico de cada membrana y depende de varios factores como son, el espesor de la membrana, la temperatura o la composición química de la solución.



De esta ecuación se deduce que el caudal es directamente proporcional a la presión neta aplicada, es decir, a la diferencia de presiones que aparece entre paréntesis en la formula, y al coeficiente de transporte; es decir, a una característica propia de la membrana y a una característica propia del funcionamiento.

Por ello, si el coeficiente de transporte aumenta, el caudal también lo hará, sin que fuese necesario aumentar la presión neta. En estas condiciones mantendríamos el mismo caudal aplicando una presión menor. Ésta es la característica principal que se busca, junto con el rechazo de sales, en el proceso de mejoras de membranas.

El caudal de rechazo, el cual concentra las sales rechazadas, va acumulándose sobre la superficie de la membrana, produciendo el fenómeno conocido como concentración de la polarización. Este fenómeno incrementa la presión osmótica de la solución de concentrado y por tanto, según la ecuación anterior, haría disminuir la presión neta y en consecuencia el flujo o caudal de agua a través de la membrana. Pero además el caudal de una membrana depende de otros factores como:

- Espesor de la membrana.
- Dimensión de los poros y su distribución en la superficie de la membrana.
- Condiciones hidrodinámicas.

La disminución del espesor de la membrana ha sido una constante investigación a lo largo de los años, pero esta característica debe conjugarse con un tamaño de poros adecuado para rechazar un porcentaje suficientemente elevado de sales, y con una resistencia adecuada para soportar las presiones de funcionamiento.

En los últimos tiempos se han conseguido mejoras muy notables en membranas de agua salobre, que funcionan a bajas presiones; sin embargo, las membranas de agua de mar que deben soportar presiones muy elevadas no han logrado avanzar en la misma magnitud. El caudal que atraviesa la membrana queda definido en unas condiciones de presión y temperatura predeterminadas, y en cada situación deben aplicarse las correcciones oportunas para adaptarlo a las condiciones reales de operación; esto es lo que se conoce como normalización de la membrana.

- Ecuación del transporte de sales:

$$J_s = B \cdot (C_A - C_P) \quad [1.3.]$$

Donde:

- $J_s$ = flujo de sales (mg/m<sup>2</sup>/s).
- $B$ = coeficiente de transporte de sales (m/s).
- $C_A$ = concentración de sales en la alimentación (mg/l).
- $C_P$ = concentración de sales en el producto (mg/l).

El coeficiente de transporte de sales es una característica de cada membrana. La polarización aumenta la concentración de sales en el agua de alimentación ( $C_A$ ), a medida que el caudal avanza a lo largo de la membrana. Por tanto, aumenta el flujo de sales ( $J_s$ ) y hace empeorar la calidad del producto.

En esta ecuación se ve que no existe dependencia directa entre la presión y el flujo de sales; es decir, al aumentar la presión no mejora el transporte de sales, ni por tanto el rechazo de sales. Sí mejora en cambio el caudal de permeado, por lo que el efecto resultante es una mejora en la calidad, dado que la misma cantidad de sales se disuelven en un volumen mayor.

- Rechazo de sales:

$$R(\%) = \left( \frac{1 - C_P}{C_A} \right) \cdot 100 \quad [1.4.]$$

Es el parámetro más importante de la membrana y se basa en el proceso de fabricación y de los polímeros que forman la membrana, constituye el know-how de cada fabricante.

Sin embargo, este valor para cualquier membrana varía para los distintos iones. Los iones trivalentes, por ejemplo, son rechazados mejor que los divalentes y éstos a su vez mejor que los monovalentes. El disminuir el peso molecular en este sentido es lo que ha

llevado a veces a considerar la ósmosis inversa como una especie de filtración a escala molecular.

Además de las aquí expuestas, a lo largo del presente proyecto, sobre todo en la memoria de cálculo, se expondrán más ecuaciones, según sea conveniente en cada caso.

## 6.5. Membranas de ósmosis inversa.

### 6.5.1. Según su composición química.

Las membranas pueden ser orgánicas o inorgánicas.

#### - Membranas orgánicas.

Reciben este nombre todas aquellas membranas cuya capa activa está fabricada a partir de un polímero o copolímero orgánico.

Aunque hay muchos tipos de polímeros, copolímeros y mezclas, tanto naturales como sintéticos con los que se pueden fabricar membranas, muy pocas de éstas son aptas para la ósmosis inversa.

De todos los compuestos orgánicos, los que han tenido éxito en la fabricación de la ósmosis inversa son el acetato de celulosa, triacetato de celulosa, poliamidas aromáticas, poliéter-urea, poliacrilonitrilo, polibencimidazola, entre otros.

Parámetro		Celulósicas	Poliamida		Poliéter-urea
			Lineal	Entrecruzada	
<b>Permeabilidad</b>		Alta	Baja	Alta	Alta
<b>Rechazo de cloruros (%)</b>	Baja presión	75	96	98	97,5
	Media	95-97,5	96	98,2	99

	presión				
	Alta presión	99	99,4	99,4	99,2
<b>Rechazo de nitratos (%)</b>		85	88-94	98	94
<b>Rechazo de sílice (%)</b>		90-93	90-93	98	95
<b>Presiones de trabajo (bar)</b>	Baja	16	16	10	16
	Media	30	30	20	25
	Alta	60-70	70-84	60-70	56-70
<b>Hidrólisis</b>		Si	No	No	No
<b>Biodegradabilidad</b>		Si	No	No	No
<b>pH de trabajo</b>		4,5-6,5	4-9	4-11	5-10
<b>Resistencia al cloro libre</b>		< 1ppm	0 ppm	1000 ppm	0 ppm
<b>Carga de la superficie</b>		Neutra	Aniónica	Aniónica	Catiónica
<b>Morfología de la superficie</b>		Lisa	Lisa	Muy irregular	Irregular
<b>Riesgo de ensuciamiento</b>		Bajo	Medio	Alto	Bajo
<b>Compactación</b>		Alta	Alta	Baja	Baja
<b>Temperatura máxima (°C)</b>		35	40	45	45

Tabla 1. 10. Características de las membranas orgánicas.

- Membranas inorgánicas.

Las membranas orgánicas presentan dos limitaciones, la estabilidad química y la resistencia a la temperatura. La búsqueda de soluciones ha desembocado en la utilización de materiales inorgánicos para su fabricación. Estos materiales inorgánicos son los cerámicos, los vidrios y los carbonos.

### 6.5.2. Según su naturaleza.

#### - Integrales.

En estas membranas existe continuidad entre la capa activa y el lecho poroso soporte, siendo ambos del mismo polímero. Las membranas de esta naturaleza se obtienen haciendo coagular el polímero que las forma a partir de una solución del mismo, tras lo cual se introduce la película en una serie de baños de agua a distintas temperaturas para darle la estructura porosa, formar la capa activa y eliminar los distintos disolventes residuales que hayan quedado en la membrana, procedentes de la fase de fabricación de la película.

El principal inconveniente de este tipo de membrana es que toda mejora de la capa activa viene acompañada de un peor comportamiento del lecho poroso y viceversa, al ser ambos del mismo polímero y tener misiones contrapuestas.

#### - Compuestas de capa fina.

En estas, la “capa fina” y el sustrato microporoso que le sirve de soporte son de materiales diferentes.

La membrana consta de tres capas de distintos materiales. La capa superior (capa activa), la capa intermedia (lecho poroso soporte de la capa activa) y la capa inferior (tejido reforzado responsable de la resistencia mecánica de la membrana).

A diferencia de las membranas integrales, las compuestas de capa fina se fabrican en dos etapas:

- o Se deposita la capa intermedia sobre una tela de refuerzo que constituye la capa inferior. El espesor del lecho poroso ronda las 40 micras.
- o Se deposita sobre la capa activa intermedia la capa superior o capa activa, cuyo espesor es de 0,2-0,5 micras.

Variando el tipo de polímero utilizado y los parámetros de fabricación se obtienen membranas con distintas características tanto de rechazo de sales como de flujos de permeado por unidad de superficie. Estas membranas presentan las siguientes ventajas frente a las integrales:

- Cada capa puede desarrollarse y optimizarse separada e independientemente, adecuando cada una a su trabajo específico.
- Se puede variar a voluntad el espesor de la capa activa adecuándolo a las necesidades específicas de cada aplicación.
- Puede alterarse la porosidad de la capa activa, y por tanto, su porcentaje de rechazo de sales así como el flujo de permeado, en función de las necesidades.

#### 6.5.3. Según su estructura.

##### - Simétricas.

Pueden ser también llamadas membranas homogéneas. Son aquellas cuya sección transversal ofrece una estructura porosa uniforme a lo largo de todo su espesor, no existiendo zonas de mayor densidad en una o ambas caras de la membrana.

Las primeras membranas utilizadas en los inicios de la ósmosis inversa tenían una estructura de este tipo. Las membranas simétricas presentan:

- Elevada permeabilidad al solvente.
- Bajo rechazo de sales.

Por este motivo no son muy aptas para la ósmosis inversa.

##### - Asimétricas.

Estas membranas presentan en su parte exterior, la cara en contacto con la solución de aporte, una capa extremadamente densa y delgada bajo la cual aparece un lecho poroso.

A la capa densa y delgada se le llama “capa activa” y es la barrera que permite el paso del solvente e impide el paso del soluto. El resto de la membrana sólo sirve de soporte a la capa activa, debiendo al mismo tiempo ofrecer la mínima resistencia posible al paso de solvente.

Todas las membranas de ósmosis inversa tienen “capa activa”, y son por tanto, asimétricas.

#### **6.5.4. Según su presión de trabajo.**

El parámetro fundamental que define las condiciones de operación de una planta de ósmosis inversa es la presión de trabajo, ésta debe ser varias veces superior a la presión osmótica de la solución, debido a los fenómenos de polarización de la membrana y al aumento de la concentración que se produce a medida que se va generando permeado. Las membranas de OI en el mercado son:

- Membranas de muy baja presión: trabajan con presiones comprendidas entre 5 y 10 bares. Se utiliza para desalar agua de salinidad baja (entre 500-1.500 mg/l), y fabricar agua ultrapura.
- Membranas de baja presión: trabajan a una presión entre 10-20 bares, se utiliza para desalar aguas de salinidad media (entre 1.500-4.000 mg/l), así como reducir o eliminar de ella ciertos compuestos como nitratos, sustancias orgánicas, etc.
- Membranas de media presión: la presión de trabajo de estas membranas es entre 20-40 bares. Estas fueron las primeras membranas que se comercializaron, se ha utilizado para desalar agua de elevada salinidad (4.000-10.000 mg/l) y en la actualidad sus aplicaciones se han generalizado utilizándose en múltiples procesos de separación y concentración.
- Membranas de alta presión: estas membranas se han utilizado para obtener agua potable a partir de agua del mar. Su presión de trabajo está comprendida entre 50-80 bares, debido a la presión osmótica del mar.

#### 6.5.5. Según la morfología de su superficie.

Atendiendo al aspecto que presenta la cara exterior de la capa activa, las membranas pueden ser lisas o rugosas.

- Lisas: son aquellas cuya cara exterior de la capa activa es lisa.
- Rugosas: son aquellas membranas cuya cara exterior de la superficie activa es rugosa. La morfología de la superficie tiene importancia tanto desde el punto de vista del ensuciamiento como del de la limpieza de las membranas. Una superficie rugosa, además de ensuciarse más fácilmente, es más difícil de limpiar.

#### 6.5.6. Según la carga superficial.

A veces, los polímeros con los que se fabrican las membranas de ósmosis inversa tienen, en su estructura molecular, un exceso de grupos químicos, lo que confiere a la superficie activa de éstos una cierta naturaleza eléctrica que suele medirse determinando su potencial. Este parámetro da una idea de la carga eléctrica existente por unidad de superficie.

- Neutras: son aquellas membranas que no presentan ninguna carga eléctrica, por lo que su potencial sería nulo.
- Catiónicas: son aquellas en las que la carga eléctrica sobre su superficie es positiva. Dependiendo del mayor o menor valor de la carga eléctrica, las membranas pueden ser fuerte o débilmente catiónicas.
- Aniónicas: son aquellas en las que la carga eléctrica sobre su superficie es negativa. Pueden ser fuerte o débilmente aniónica. La naturaleza y magnitud de la carga eléctrica existente sobre la superficie de una membrana tiene mucho que ver con el ensuciamiento como la aparición y crecimiento de desarrollos biológicos.



Una membrana catiónica tendrá una gran afinidad por los coloides de signo opuesto que tenderán a depositarse sobre su superficie y lo mismo con las membranas aniónicas con los coloides catiónicos.

### **6.6.Módulos.**

Para utilizar industrialmente las membranas de osmosis inversa, de forma que puedan trabajar correctamente y puedan soportar las presiones de trabajo, deben ubicarse en el interior de recipientes o contenedores denominados módulos, que por lo general adoptan formas cilíndricas.

La palabra módulo deriva de “modular”, ya que la capacidad de producción de una planta de estas características se consigue instalando en paralelo varias unidades elementales de producción o “módulos”. Por tanto, módulo es una agrupación de membranas, con una configuración determinada, que forma la unidad elemental de producción.

Los principales objetivos que persiguen los fabricantes de módulos de ósmosis inversa son:

- Obtener el máximo rendimiento de las membranas.
- Conseguir un sistema lo más compacto posible.
- Minimizar los fenómenos de polarización de las membranas.
- Facilitar la sustitución de las membranas deterioradas. mejorar la limpieza de las membranas sucias.

Como estos objetivos a veces son contrapuestos, en la actualidad existen diversos tipos de módulos.

### 6.6.1. Módulos de placas.

Este tipo de configuración es el más antiguo. Está formado por un conjunto de membranas planas, recortadas generalmente de forma rectangular o de disco circular. Se apoyan sobre mallas de drenajes o placas porosas que les sirven de soporte. Las membranas se mantienen separadas entre sí por medio de espaciadores cuya anchura es del orden de 2 mm, por donde pasa la solución a tratar.

El módulo se obtiene apilando paquetes formados por espaciador-membrana-placa porosa-membrana. El conjunto así formado se comprime mediante un sistema de espárragos de manera que pueda soportar la presión de trabajo. La estanqueidad se logra mediante juntas elásticas colocadas en los extremos. Dentro de un mismo compartimento todas las membranas trabajan en paralelo.

La velocidad de circulación es del orden de 1 a 2 m/s y la superficie de la membrana disponible por unidad de volumen con este sistema es de 50 a 100 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. El mayor inconveniente de estos módulos es la dificultad que presentan para asegurar un correcto reparto del flujo a la entrada de las membranas.

Las membranas trabajan con una baja pérdida de carga, y si ésta no es constante entre un par de membranas, se crea un desequilibrio que afecta al rendimiento del sistema.

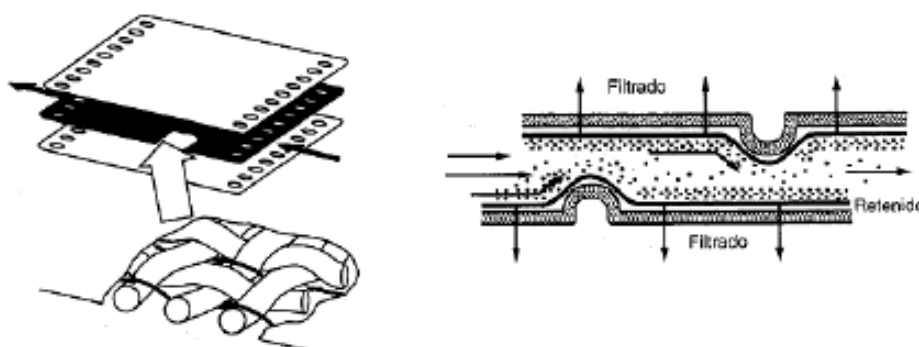


Figura 1. 18. Esquema membrana plana (google).

### **6.6.2. Módulos tubulares.**

En este tipo de módulos, las membranas tubulares se colocan en el interior de tubos porosos (diámetro de 0,5 a 1”) que actúan como soporte de las mismas. La solución a tratar circula por el interior del tubo mientras que el permeado fluye desde el interior hacia el exterior, donde es recogido.

En el interior de los tubos se colocan a veces, dispositivos especiales destinados a producir turbulencias, de forma que las velocidades de circulación sobre la superficie de la membrana alcancen valores de 4 a 8 m/s. El diámetro de los tubos es del orden de 25 mm. El aumento de superficie filtrante se logra colocando módulos en serie o en paralelo. Los módulos tubulares son muy poco compactos; la superficie de membrana por unidad de volumen oscila entre 50 y 70 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Están especialmente indicados para el tratamiento de líquidos cargados debido a que permiten mantener una alta velocidad de circulación, pudiendo además, utilizarse sistemas mecánicos para su limpieza.

### **6.6.3. Módulos de fibra hueca.**

Se llaman así porque se fabrican con varios centenares de miles de membranas de fibra hueca dobladas en forma de “U” y colocadas paralelamente a un tubo central. Las membranas se fijan a ambos extremos mediante resina epoxi para dar estabilidad al haz así formado.

El módulo tiene similitud con un cambiador de tubos. La solución de aporte se introduce a presión en el tubo central, quien reparte radial y uniformemente a través de todo el haz de fibras.

Cuando la solución a tratar entra en contacto con la superficie externa de la fibra donde se encuentra la capa activa, una parte de la misma (el permeado) atraviesa la fibra moviéndose por su interior hueco hasta el extremo abierto. Los finales abiertos de las fibras huecas están embebidos en una masa de resina epoxi, constituyendo uno de los

extremos del haz. Esta masa, una vez mecanizada para abrir las fibras, se conoce con el nombre de placa tubular.

Cuando el permeado abandona el haz de placa tubular, pasa a través de un bloque poroso antes de alcanzar el exterior del módulo. El bloque poroso tiene por misión lograr un correcto reparto hidráulico en la recogida del permeado y, por tanto, también en la distribución de la solución de aporte a través del haz de fibras.

El rechazo se mueve hacia la placa epoxi situada en el otro extremo del haz de fibras, saliendo al exterior tras atravesar el espacio anular existente entre ésta y la capa exterior. Una junta situada en la placa tubular impide que el permeado se mezcle con el rechazo.

El haz de fibras se instala en el interior de un tubo fabricado con epoxi y fibras de vidrio cuya misión es soportar, desde el punto de vista mecánico, las presiones de trabajo. Esta configuración fue especialmente concebida para trabajar con membranas de poliamida de baja permeabilidad, ya que su configuración permite obtener una gran superficie por unidad de volumen ( $6.000-9.000 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ).

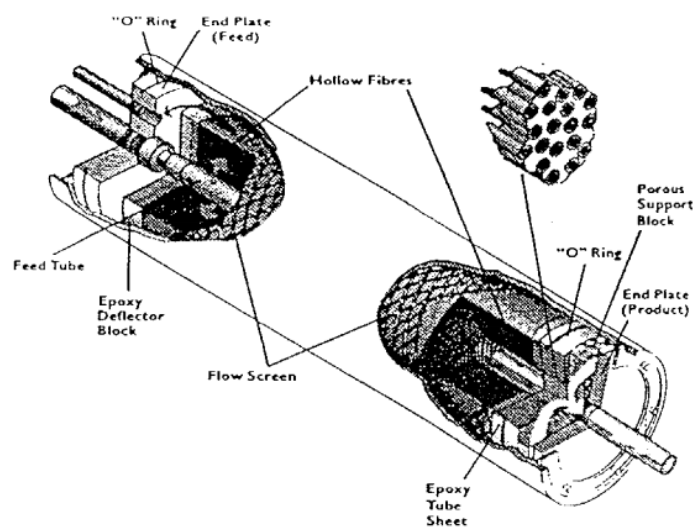


Figura 1. 19. Esquema membrana de fibra hueca (bibliografía [1]).

#### **6.6.4. Módulos en espiral.**

Esta configuración se llama así porque está formada por membranas planas enrolladas en espiral alrededor de un tubo central.

Cada paquete, consta de una lámina rectangular de membrana semipermeable doblada por la mitad de forma que la capa activa quede en su exterior. Entre las dos mitades se coloca un tejido provisto de diminutos canales para recoger el permeado que atraviese la membrana y conducirlo hacia el tubo central de recogida.

Encima de la capa activa de la membrana se coloca una malla provista de canales de distribución para repartir homogéneamente la solución de aporte sobre toda la superficie de la membrana. Para conseguir la estanqueidad entre la solución de aporte y el permeado se colocan, en los laterales de la lámina de ósmosis inversa, cordones de cola entre el tejido colector de permeado y las membranas, de forma que el sellante penetre totalmente en los tejidos.

Los laterales del tejido colector del permeado se encolan igualmente al tubo central que es de material plástico y va previsto de orificios. El paquete así formado se enrolla alrededor de un tubo central, dando lugar a un cilindro al que se colocan en sus extremos dos dispositivos plásticos para evitar su deformación, tras lo cual se recubre el conjunto con una capa de resina epoxi reforzada con fibra de vidrio para darle rigidez y resistencia mecánica necesaria. Este tipo de módulos se fabrican en los diámetros exteriores siguientes:

- 2 1/2" (65 mm).
- 4" (100 mm).
- 8" (200 mm).
- 10" (250 mm).

Si se utilizase un único paquete de membranas para fabricar los módulos de gran diámetro, se requerirían hojas muy largas, lo que originaría problemas hidráulicos en la recogida del permeado y, por tanto, en el reparto de la solución a tratar. Por este

motivo, los módulos suelen fabricarse enrollando varios paquetes de membranas como los descritos, pero de longitud reducida. Un módulo de 8" suele llevar entre 16 y 18 paquetes.

La solución de aporte circula en dirección axial, paralela al tubo central, conducida por la malla distribuidora existente entre las capas activas de dos membranas consecutivas. El permeado que atraviesa la membrana es recogido por el tejido colector, que lo lleva espiralmente, al tubo central del que sale al exterior por uno de sus extremos. El rechazo o solución de aporte que no atraviesa la membrana continúa su avance en dirección axial, abandonando la malla distribuidora por el otro extremo.

Los módulos en espiral se interconexionan en serie dentro de un tubo destinado a soportar la presión de trabajo. En el interior de cada tubo pueden instalarse hasta siete módulos, alcanzándose longitudes totales superiores a los siete metros. La configuración con membranas en espiral permite obtener un módulo mucho más compacto que los dos anteriores. La superficie de la membrana disponible por unidad de volumen oscila entre 600 y 800 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Las velocidades de circulación son del orden de 3 m/s.

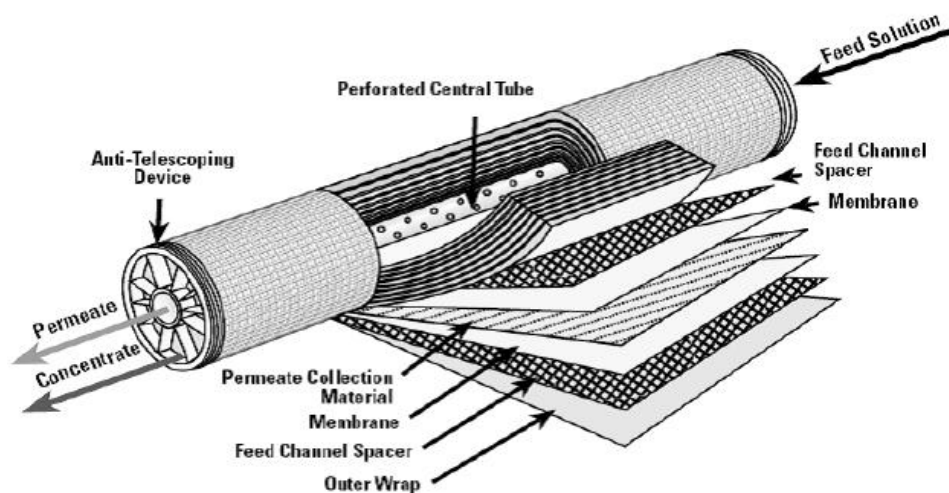


Figura 1. 20. Esquema membrana en espiral (google).

A continuación se expone una tabla con la comparación de cada tipo de módulo.

Características	Tipo de módulo			
	Placas	Tubular	Espiral	Fibra hueca
<b>Superficie de membrana por módulo (m<sup>2</sup>)</b>	15-50	1,5-7	30-34	370-575
<b>Volumen por módulo (m<sup>3</sup>)</b>	0,3-0,4	0,03-0,1	0,03	0,04-0,08
<b>Caudal por módulo (m<sup>3</sup>/día)</b>	9-50	0,9-7	30-38	40-70
<b>Grado de compactación (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)</b>	50-125	50-70	1000-1100	5000-14000
<b>Productividad por unidad de superficie (m<sup>3</sup>/día por m<sup>2</sup>)</b>	0,6-1	0,6-1	1-1,1	0,1-0,15
<b>Productividad por unidad de volumen (m<sup>3</sup>/día por m<sup>2</sup>)</b>	30-125	30-70	1000-1250	900-1500
<b>Conversión trabajo por módulo (%)</b>	10	10	10-50	30-50
<b>Pérdida de carga por tubo de presión (bar)</b>	2-4	2-3	1-2	1-2
<b>Tolerancia a sustancias coloidales</b>	Mala	Buena	Mala	Mala
<b>Tolerancia a materia en suspensión</b>	Mala	Buena	Mala	Muy mala
<b>Limpiezas mecánicas</b>	Regular	Bueno	No aplicable	No aplicable
<b>Limpiezas químicas</b>	Bueno	Bueno	Bueno	Bueno
<b>Limpiezas agua a presión</b>	Excelente	Bueno	Bueno	Bueno

Tabla 1. 11. Comparación entre distintas configuraciones.

## 6.7. Agrupación de las membranas.

### 6.7.1. Agrupación de los módulos.

- En paralelo: esta disposición se usa para producir un caudal “n” veces superior al suministrado por un módulo, siendo “n” el número de módulos instalados en paralelo. La máxima conversión de trabajo que se puede conseguir con esta agrupación es del orden del 40 al 50 %.

Cuando los módulos trabajan en paralelo, la pérdida de carga entre el colector de aporte y el de rechazo es la misma para todos ellos, lo que significa que el caudal de aporte que llega a cada uno dependerá de su grado de atascamiento y del caudal de permeado que produzca.

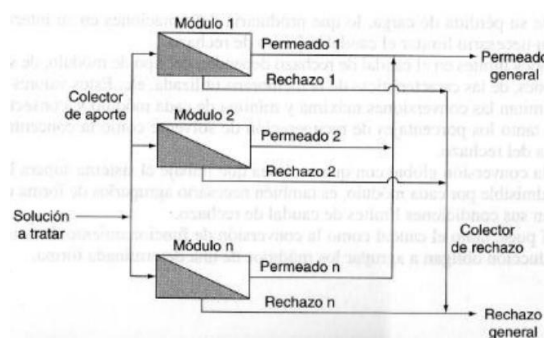


Figura 1. 21. Agrupación de módulos en paralelo (google).

- En serie: cuando los módulos se montan en serie, el caudal de rechazo de cada módulo pasa a ser el aporte del siguiente y así sucesivamente. El permeado de los distintos módulos se recoge en un colector común a todos ellos donde se van mezclando los distintos flujos.

La agrupación de los módulos en serie hace que, para una conversión total determinada, cada módulo trabaje con una conversión menor que si trabajase en paralelo. Esta agrupación se utiliza para reducir los fenómenos de polarización cuando los flujos de permeado de las membranas son altos o cuando se trabaja con elevadas conversiones.



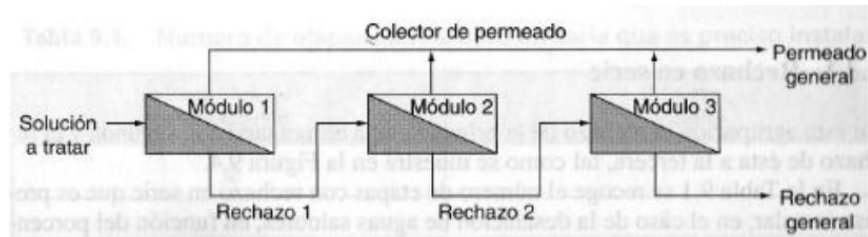


Figura 1. 22. Agrupación de los módulos en serie (google).

#### 6.7.2. Agrupación de etapas.

Se denomina etapa al conjunto de tubos contenedores que trabajan en paralelo, a la misma presión y alimentados desde la misma línea.

Si los módulos son de fibra hueca y de un solo haz, el número de tubos contenedores coincidirá con el número de módulos y todos ellos trabajarán con las mismas condiciones de presión y salinidad. Si los módulos son en espiral, la etapa estará formada por el conjunto de tubos contenedores o de presión que trabajen en paralelo.

Para obtener una conversión global hay que agrupar las etapas. Esto se puede hacer o bien mediante el rechazo en serie o bien mediante la recirculación del rechazo.

- Rechazo en serie: en esta agrupación, el rechazo de la primera etapa alimentará a la segunda y rechazo de ésta a la tercera. No se suelen agrupar más de tres etapas en serie debido a que la producción de cada etapa adicional, por encima de la tercera, sería muy reducida y muy costosa.

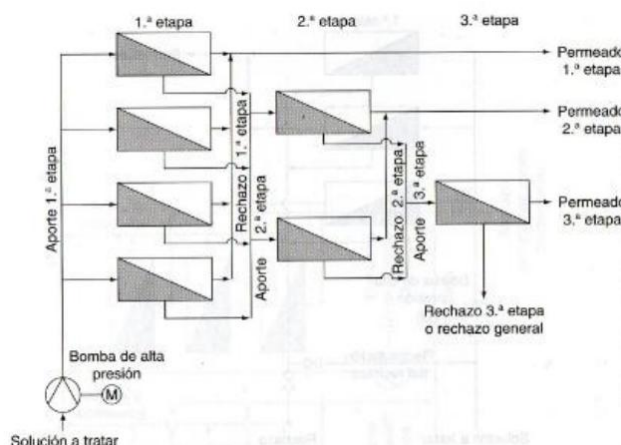


Figura 1. 23. Rechazo en serie (google).

- Recirculación del rechazo: se basa en la recirculación total o parcial del rechazo mezclándolo con la solución de aporte, tal y como se indica en la siguiente figura:

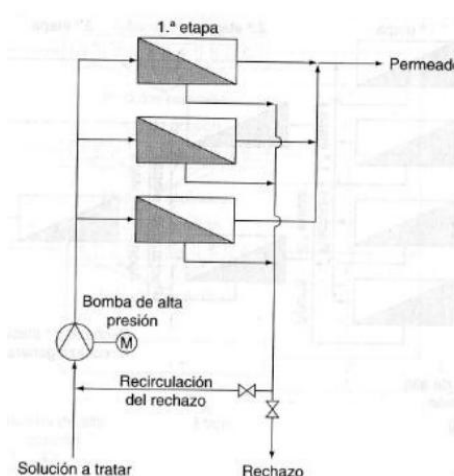


Figura 1. 24. Montaje con recirculación del rechazo (google).

Con este procedimiento se pueden alcanzar conversiones de hasta el 75% y por tanto, concentraciones en el rechazo cuatro veces superiores a las de la solución de aporte. Con este montaje se consiguen velocidades sobre la superficie de las membranas muy elevadas, reduciéndose de forma considerable los fenómenos de polarización y los riesgos de ensuciamiento.

### 6.7.3. Agrupación de sistemas.

Un sistema es el conjunto de etapas agrupadas de cualquier manera utilizando una única bomba de alta presión. Los sistemas se pueden agrupar tanto en paralelo como en serie.

- En paralelo: cuando los sistemas se agrupan en paralelo, todas las bombas de alta presión trabajan en paralelo impulsando la misma solución de aporte, tal y como se muestra en la siguiente figura:

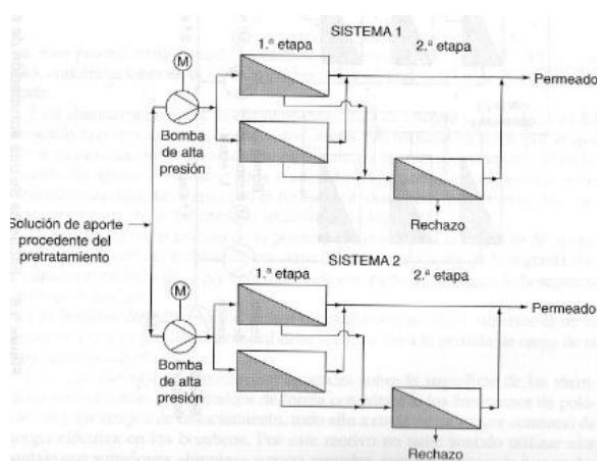


Figura 1. 25. Sistema trabajando en paralelo (google).

Esta agrupación se utiliza para subdividir el caudal total de permeado en varias unidades o líneas de producción.

- En serie: cuando los sistemas se agrupan en serie, las bombas de alta presión trabajan también en serie, pero sin impulsar las mismas soluciones de aporte. Una agrupación de esta naturaleza, está formada por pasos, y cada paso es un sistema. Según la procedencia de la solución de aporte al segundo sistema, la agrupación puede ser o bien permeado en serie o rechazo en serie.

En el caso del permeado en serie, parte de este producido por el primer sistema es bombeado de nuevo por una segunda bomba de alta presión, que lo impulsa hacia un segundo sistema.

Mientras que para el caso del rechazo en serie, el rechazo de uno o varios sistemas que trabajan en paralelo es aspirando por otra bomba que lo impulsa hacia un nuevo sistema.

### **6.8. Obstrucción y limpieza de las membranas.**

Durante la operación de las membranas, la obstrucción de ésta es inevitable, incluso con un pretratamiento suficiente. Los tipos y cantidades de suciedad dependen de muchos factores diferentes, tales como la calidad del agua, tipo de membrana, material de la membrana y diseño y control de los procesos.

Los tipos de ensuciamiento más comunes de las membranas usadas en el tratamiento del agua son:

- Depósitos e incrustaciones inorgánicas.
- Ensuciamiento coloidal.
- Materia orgánica, colonizaciones microbiológicas y formación de biopelículas.

Los síntomas de un ensuciamiento, no siempre detectables inmediatamente, se manifiestan habitualmente como pérdidas de la calidad del agua producto, disminución de la producción o aumento de las presiones de trabajo. Cuando se producen cambios en los parámetros normalizados de funcionamiento en cualquier punto del bastidor, presión diferencial, caudal de permeado y paso de sales; debe programarse cuanto antes una limpieza con el fin de recuperar la situación original.

Normalmente, se admite que debe realizarse una limpieza cuando se producen variaciones en torno al 10-15% del valor de estos parámetros de funcionamiento. Si no se procede de forma inmediata a la limpieza una vez se detectan estos síntomas, pueden alcanzarse grados irreversibles de ensuciamiento o daños en la estructura de la

membrana. En todo caso, siempre deberán seguirse las especificaciones del fabricante. También es habitual, aunque no se haya producido ningún ensuciamiento, realizar una limpieza preventiva de la instalación al menos una vez al año.

Existen unas cuantas técnicas de limpieza para la eliminación de la suciedad de membrana.

A. Lavado con chorro delantero.

Cuando se aplica un flujo desde adelante a una membrana, se abre la barrera responsable del manejo de los “dead-end”. Al mismo tiempo la membrana está realizando temporalmente una filtración tangencial, sin la producción de permeado. El propósito del chorro de agua delantero es la eliminación de la capa de contaminantes formada en la membrana por medio de la creación de turbulencias. Durante el lavado con chorro de agua delantero se tiene alto gradiente de presión hidráulica.

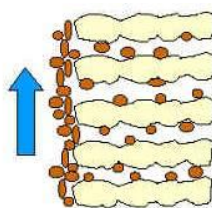


Figura 1. 26. Lavado con chorro delantero (www.lenntech.com).

B. Lavado con chorro trasero.

Cuando se aplica un flujo desde atrás, los poros de la membrana son lavados del revés. La presión en la parte del permeado de la membrana es mayor que la presión dentro de las membranas, haciendo que los poros se limpien. El lavado con chorro trasero se realiza bajo una presión sobre 2,5 veces mayor que la presión de producción. El permeado es lo que siempre se usa para lavar desde atrás, porque la cámara del permeado siempre debe estar limpia de contaminantes.

Una consecuencia del lavado con chorro trasero es un decrecimiento en la recuperación del proceso. Debido a esto, el lavado con chorro trasero debe realizarse en el menor tiempo posible. Sin embargo, el chorro debe ser mantenido el tiempo suficiente para lavar el volumen de un módulo por lo menos una vez.

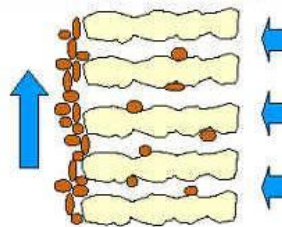


Figura 1. 27. Lavado con chorro trasero ([www.lenntech.com](http://www.lenntech.com)).

C. Limpieza por chorro de aire o por chorro de aire y agua.

La suciedad de la superficie de la membrana necesita ser eliminada tan efectivamente como sea posible durante la limpieza con chorro trasero. El lavado con chorro de aire ha demostrado ser muy útil para la realización de este proceso. El uso de un chorro de aire significa lavar el interior de las membranas con una mezcla de aire y agua.

Durante el lavado con aire, se añade aire al chorro de agua delantero, provocando la formación de burbujas, que producen una mayor turbulencia. Debido a esta turbulencia, la suciedad se desprende de la superficie de la membrana.

La ventaja del lavado con chorro de aire frente al lavado con chorro de agua delantero es que usa una menor capacidad de bombeo durante el proceso de limpieza.

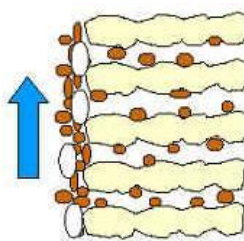


Figura 1. 28. Lavado con chorro de aire ([www.lenntech.com](http://www.lenntech.com)).

#### D. Limpieza química.

Cuando los métodos de limpieza anteriormente mencionados no son suficientes efectivos para reducir el flujo hasta un nivel aceptable, es necesario limpiar las membranas químicamente. Durante la limpieza química, productos químicos como el cloruro de hidrogeno (HCl) y el ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), o agentes desinfectantes, como el peróxido de hidrogeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) son añadidos al permeado durante el flujo trasero.

Tan pronto como el módulo entero está lleno del permeado, los productos químicos tienen que empaparse. Después de que estos químicos se hayan empapado totalmente, el módulo se lava y, finalmente, puestos de nuevo a funcionar.

A menudo se combinan los métodos de limpieza. Por ejemplo, uno puede usar un flujo trasero para la eliminación de la suciedad de los poros, seguido de un lavado de chorro de agua o de aire delanteros. El método o estrategia de limpieza utilizada depende de muchos factores. En la práctica, los métodos más adecuados son determinados por prueba y error (test de prueba).

### **6.9. Parámetros operativos en el diseño de instalaciones de ósmosis inversa.**

Con el tiempo las membranas van perdiendo sus características más importantes, como el caudal o el rechazo de sales. Se debe principalmente a la compactación producida por

las altas presiones aplicadas, y a la acumulación sobre su superficie de elementos disueltos o en suspensión que lleva el agua.

De este modo, a la hora de realizar el diseño de una planta de ósmosis inversa, especificar los parámetros operativos que permitan definir un sistema efectivo para la consecución de los fines perseguidos, con los menores costes en su construcción y operación.

En la mayoría de los casos en los que se desala agua salobre o marina para distintos casos, esta consideración de efectividad se traslada a un diseño que produzca la cantidad y calidad de agua producto deseadas, con el mayor recobro posible.

Los principales parámetros a considerar en el diseño son los siguientes:

- Rendimiento de la instalación.
  - Caudal de agua producto.
  - Paso de sales.
- Rendimiento de la instalación.

El rendimiento de la instalación (R) se expresa comúnmente en tanto por ciento, y es el cociente entre el caudal de agua producto (QP) obtenido a partir de un determinado caudal de agua a tratar (QA).

$$R(\%) = \frac{Q_P}{Q_A} \cdot 100 \quad [1.5.]$$

El rendimiento constituye en la práctica un parámetro de diseño con una fuerte incidencia en los aspectos económicos relacionados con la construcción y la operación de las plantas de ósmosis inversa.

Al marcar un rendimiento en el diseño, se están especificando aspectos como la cantidad de agua de alimentación por unidad de agua producida, el tipo y magnitud del pretratamiento y el consumo de energía y de reactivos químicos. Además, también



influye en la salinidad del producto, en la presión de operación y en la concentración de sales de la salmuera.

El valor máximo del rendimiento se limita por algunos factores, entre ellos la presión osmótica de la salmuera es el más importante, la cual está directamente relacionada con su contenido total en sólidos disueltos.

La presión efectiva de operación de una planta de ósmosis inversa se define como la presión suministrada por la bomba de alta presión a la alimentación menos la presión osmótica del flujo alimentación-salmuera. Un alto valor del rendimiento implica una elevada concentración de sales disueltas en la salmuera, con el consiguiente incremento en su presión osmótica, lo que provoca una disminución de la presión efectiva y por tanto, de la productividad de la planta, entendida ésta como caudal de permeado.

Si el valor del rendimiento es muy elevado, las sales menos solubles presentes en la alimentación, como el carbonato cálcico, el sulfato cálcico, etc., pueden sobrepasar su límite de solubilidad en la salmuera, precipitando sobre la superficie de las membranas, dando lugar a ensuciamiento.

Los factores principales que determinan el valor máximo de rendimiento son la presión de alimentación (muy elevada en estos sistemas) y la salinidad deseada en el agua producto, valores que se incrementan de manera importante al aumentar el valor del rendimiento. Los rendimientos más frecuentes oscilan entre el 25-45 %, dependiendo de la salinidad a tratar. Sin embargo, en la práctica, el rendimiento puede alcanzar valores superiores en el caso de plantas en el que el agua bruta de alimentación sea de calidad alta, es decir, en el caso en que el agua de alimentación contenga un SDI bajo.

También se puede aumentar el rendimiento de la instalación diseñando una planta de OI con varias etapas hidráulicas, con respecto a la línea de flujo alimentación-salmuera. Cada etapa hidráulica contiene un número menor de membranas de OI que la etapa anterior, lo que garantiza una constancia relativa de la velocidad del agua de alimentación en los módulos de OI. Así en la práctica, para trabajar hasta un recobro

máximo del 55% se dispone de una sola etapa, hasta el 75% en dos etapas y hasta el 90% en tres etapas.

Como la mayoría de las plantas de OI se diseñan manteniendo constante el caudal de agua producto en el tiempo, esto se traduce en un incremento de la presión osmótica con el tiempo, lo que requerirá un incremento de la presión de operación, al mismo tiempo que se genera un incremento de la salinidad media del flujo alimentación-salmuera, dando lugar a un aumento del paso de sales a través de la membrana.

- Caudal de agua producto.

El caudal de agua producto a través de una membrana semipermeable ideal viene dado por la siguiente ecuación:

$$Q_p = K \cdot \Delta P^* \quad [1.6.]$$

Donde:

- $K$  = es una constante característica de cada tipo de membrana.
- $\Delta P^*$  = es la diferencia de presión neta a través de la membrana.

El flujo de volumen ( $J_v$ ) a través de la membrana, definido como volumen de agua desalada producida por unidad de superficie de membrana instalada y unidad de tiempo, se suele referir a un día de operación y expresarse en  $m^3/m^2$ . El flujo de volumen es una función del tipo de membrana utilizada y del origen y características del agua a tratar.

Esto permite calcular, siempre dentro de un rango conservador, la superficie de membrana instalar para obtener un determinado caudal de agua producto diario y dividiendo esta superficie global por la superficie de filtración de la membrana específica que se desea instalar, se obtiene el número de membranas idóneo, siempre y cuando se opere en condiciones similares a las condiciones normalizadas en las que se realizaron los cálculos de los caudales específicos de dichas membranas.

Cuando se diseña una planta de OI y se quiere conocer su productividad real, en cuanto a caudal de agua producto se refiere, presente y futura, se han de realizar unas correcciones que tengan en cuenta las variaciones de los factores que influyen en los caudales específicos con respecto a las condiciones normalizadas. De este modo se han de considerar tres factores de corrección relacionados con la presión de operación, la temperatura del agua de alimentación y el tiempo de operación de la planta. Todo esto puede expresarse en la siguiente ecuación:

$$Q_P = f_P \cdot f_T \cdot f_t \cdot Q_{p,0} \quad [1.7.]$$

Donde:

- $Q_P$ = caudal de diseño para las membranas.
- $Q_{p,0}$ = caudal nominal de la membrana.
- $f_P$ = factor de corrección de la productividad asociada a la presión.
- $f_T$ = factor de corrección debido a la temperatura.
- $f_t$ = factor de disminución del caudal específico de las membranas como consecuencia del tiempo de operación.

A continuación se detallan estos tres factores de corrección, los cuales influyen de forma directa en la productividad de una planta de OI.

A. Factor corrector de la temperatura.

La capacidad instantánea de la producción de una planta de OI está condicionada por la temperatura del agua de alimentación ( $\theta$ ). Si se toma 25°C como temperatura de referencia, se define el coeficiente de corrección para la temperatura, como el cociente entre la productividad a la temperatura de operación y la productividad a 25°C, manteniendo constantes los otros parámetros operativos (presión y caudal), estableciéndose empíricamente que:

$$f_T = \frac{Q_P(\theta)}{Q_P(25)} = A^{(\theta-25)} = \exp \left[ K_T \cdot \left( \frac{T}{298} \right) \right] \quad [1.8.]$$

Donde:

- $Q_p(\theta)$  = caudal de producción de la planta a la temperatura  $\theta^\circ\text{C}$ .
- $Q_p(25)$  = caudal de producción de la planta a  $25^\circ\text{C}$ .
- $A$  = constante característica de cada tipo de membrana, generalmente con un valor próximo a la unidad.
- $T$  = temperatura en grados Kelvin.
- $K_T$ : constante dependiente del tipo de membrana.

La temperatura es pues un factor muy importante a tener en cuenta en los procesos de OI, ya que afecta a la productividad de las membranas, a su degradación físico-química, así como a la solubilidad de determinadas sales y a determinadas propiedades físicas del agua, tal como la viscosidad.

En la ecuación anterior, la temperatura de referencia es  $25^\circ\text{C}$ , ya que es ésta la temperatura a la que los fabricantes de membrana calculan la productividad normalizada de las mismas. En la práctica, raramente se tiene un agua de alimentación a  $25^\circ\text{C}$ , salvo que se proceda a su calentamiento, por lo que el diseño de una planta de OI se debe realizar ajustándolo, en la medida de lo posible, a la temperatura media real de la alimentación o bien a una temperatura relativamente baja y conservadora.

En la práctica, la influencia de la temperatura sobre la productividad varía aproximadamente en torno a un 2-3 %, por cada grado de aumento/disminución de la temperatura con relación a  $25^\circ\text{C}$ . En resumen, cuanto mayor sea la temperatura del agua de alimentación mayor productividad se obtendrá, lo que permite poder emplear un menor número de membranas o trabajar a presiones menores. Por el contrario, cuanto mayor es la temperatura, mayor es la velocidad de degradación de las membranas y, por tanto, menor será su vida media productiva. A continuación se muestra la variación del coeficiente corrector por temperatura en función de la temperatura del agua de alimentación, a través de esta gráfica también podemos calcular el factor corrector de la temperatura.

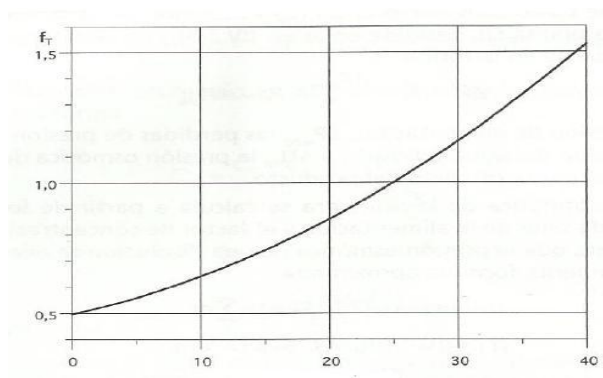


Figura 1. 29. Gráfica de la evolución del factor corrector de temperatura (Centro Canario del agua 2002, Hernández Suárez, Manuel).

La temperatura juega un papel muy importante sobre la degradación química de las membranas, ya que todas las reacciones químicas están influenciadas por la temperatura y en consecuencia la velocidad de los procesos de degradación por hidrólisis u oxidación aumentan al hacerlo la temperatura de operación. Por otro lado, los límites de pH y contenido en cloro permisibles en el agua de alimentación están calculados a una temperatura de 25°C, por lo que una variación de la temperatura variará estos límites, pudiendo afectar negativamente a la vida media de las membranas.

Por otra parte, todas las membranas sufren un fenómeno conocido como compactación, que también está influenciado por la temperatura y la presión de operación, consistiendo básicamente en la deformación por aplastamiento de los lechos porosos soporte de la capa activa de las membranas, lo que provoca una disminución del flujo de permeado.

Además, un incremento en la temperatura favorece al paso de sales a través de las membranas. Si se considera que en la mayoría de plantas de OI se diseñan para obtener un caudal de permeado constante en el tiempo, los cambios en la temperatura de la alimentación deberán ser compensados ajustando la presión de operación. Por esta razón, un incremento en la temperatura de alimentación con el correspondiente descenso en la presión de operación da como resultado un aumento de la salinidad del agua de producto.

B. Factor corrector de la presión.

El factor corrector de la presión ( $f_p$ ) es función de la presión de operación de la planta de OI, corregida con el efecto de pérdida de carga de la siguiente forma:

$$f_p = \frac{(P_m - \Delta\Pi)_{\text{operación}}}{(P_m - \Delta\Pi)_{\text{prueba}}} \quad [1.9.]$$

Donde:

- $P_m$  = es la presión de membrana, necesaria para que se produzca la separación.
- $\Delta\Pi$  = diferencia entre la presión osmótica entre la alimentación y el rechazo.

En la ecuación anterior debemos tener en cuenta que tenemos datos de operación y datos de prueba, por lo que, los datos de prueba serán suministrados por el fabricante según experiencias a las que se hayan sometido la membrana, y los datos de operación serán calculados previamente.

C. Factor corrector del tiempo de operación.

Durante el tiempo de operación de una planta de OI, todas las membranas sufren cambios en su estructura física interna y en su superficie experimentando compactación, que como ya se ha dicho anteriormente es consecuencia de la compresión de la estructura por efecto de la presión transmembranal, lo que causa una disminución en la permeabilidad de la membrana, es decir, se vuelven más densas y menos permeables al agua y a las sales.

La variación de  $f_t$  y por consiguiente del caudal de producción de una planta de ósmosis inversa, viene definido por el fabricante de la membrana instalada en la unidad. No obstante de forma general se tiene unos valores aproximados de descenso de caudales en función del tipo de agua a tratar.

#### **6.10. Descripción de instalaciones principales en una planta desaladora por ósmosis inversa convencional.**

Una planta de ósmosis inversa consiste esencialmente en una bomba para presurizar el agua de alimentación, un modulo de ósmosis inversa y una válvula de regulación de caudal de salmuera, para controlar el rendimiento. El término módulo OI se utiliza para definir la unidad de funcionamiento más pequeña posible, que puede contener una o más membranas y sus estructuras de soporte.

La principal característica de un modulo de OI es que, en su interior, los canales por los que circula la disolución alimentación-salmuera están perfectamente selladas con respecto a los canales por los que circula el agua producto, evitándose cortocircuitos hidráulicos. Otras características pueden ser:

- Estabilidad mecánica, evitando pérdidas de presión.
- De carácter hidrodinámico. Tienen a evitar la acumulación tanto de sales como de elementos causantes del ensuciamiento de la superficie de la membrana.
- De carácter económico. El diseño debe tener la mayor densidad posible de empaquetamiento de membranas por contenedor, con el fin de reducir los costes de inversión.

A continuación se exponen las distintas unidades principales en una planta desaladora por ósmosis inversa, y las técnicas más utilizadas.

##### **6.10.1. Captación del agua salobre o marina.**

El tipo de captación o toma de agua de la planta dependerá en gran medida de la captación de la instalación; además, la composición del agua dependerá también de la localización de la toma, lo que afectará de forma determinante en el tratamiento posterior que se le dará al agua. Existen varios tipos de captación de agua, entre ellos hay dos principales:

- Captación abierta: se suele utilizar cuando las condiciones del terreno permiten otro tipo de captaciones y el caudal requerido es muy elevado. La toma abierta se realiza directamente del mar y presenta las siguientes desventajas:
  - Actividad orgánica y biológica elevada.
  - Contenidos en sólidos en suspensión importante y variable.
  - Mayor exposición a la contaminación.
  - Contenido más elevado de oxígeno disuelto.
  - Amplio margen de variación de temperaturas.

Una captación abierta está compuesta por los siguientes elementos:

- Torre de toma: consiste en una torre de hormigón armado con huecos en distribución radial a la profundidad deseada. Debe ser diseñada para resistir las corrientes y el oleaje.
  - Inmisario submarino: es la conducción que parte de la torre de toma hacia el depósito de impulsión. Suelen estar contruidos de distintos materiales como PRFV, PE u hormigón armado. El sistema de anclaje debe resistir las corrientes y el oleaje y el diámetro del inmisario debe tener la capacidad hidráulica adecuada.
  - Deposito de impulsión: se suele descartar del diseño si las condiciones lo permiten. Pueden actuar a modo de decantador y de depósito regulador.
  - Bombas: pueden ser sumergidas o en seco de materiales especiales para evitar la corrosión y la abrasión.
  - Equipos auxiliares como manómetros, caudalímetros, válvulas, etc.
- 
- Captación cerrada: por medio de pozos o cántaras de captación excavados por debajo de la cota del agua en el terreno. Sus paredes son impermeables y cuenta con sondeos verticales en la base. El agua es extraída de la cantara mediante bombas. Se trata de una toma cerrada al captarse el agua de mar en el subsuelo. A nivel de diseño es importante la determinación de las cotas, para que se respeten los valores de altura de aspiración y sumergencia. Se ha de tener en cuenta el caudal demandado y producido y el cono de depresión, para evitar



achique o vaciado de la cántara o de los pozos. En la siguiente figura se muestra el ejemplo de una cántara de captación.

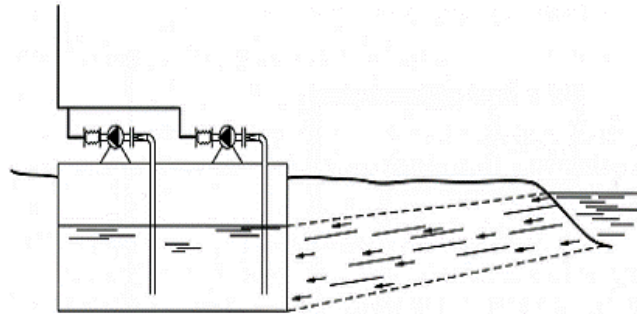


Figura 1. 30. Esquema captación cerrada (google).

Presentan las siguientes ventajas:

- Filtrado natural en el terreno.
- Ausencia de actividad orgánica y biológica.
- Bajo contenido en oxígeno disuelto.
- Baja contaminación.
- Temperaturas bastante estables.

Como inconvenientes se puede resaltar:

- Pueden aparecer contenidos importantes de elementos secundarios como el hierro, aluminio, sílice...
- Contaminación por nitratos, pesticidas..
- Requiere la permeabilidad adecuada del terreno.
- La línea de bajamar no puede estar muy por debajo de la línea del terreno.

#### 6.10.2. Pretratamientos.

El pretratamiento en una planta desaladora por OI es esencial, consiste en una serie de procesos que sufre el agua de alimentación para su acondicionamiento tanto físico como

químico, para obtener de las membranas su máximo rendimiento en producción y su máxima duración. Su misión consiste en suprimir o reducir los atascamientos que sufren las membranas debido a la incrustación y ensuciamiento de las mismas. Si no se utiliza el pretratamiento adecuado para el tipo de instalación diseñada pueden provocar consecuencias como un aumento de la polarización por concentración, la disminución del caudal del permeado, un aumento de la salinidad del permeado y un deterioro prematuro de las membranas.

#### **6.10.2.1. Pretratamientos químicos**

##### **A. Cloración del agua del mar.**

Si la captación de agua se realiza mediante pozos, en muchas ocasiones, no es precisa la dosificación de hipoclorito sódico ( $\text{NaClO}$ ) debido a que la actividad biológica es muy reducida por la filtración natural del terreno. En otras ocasiones es el primer pretratamiento utilizado para oxidar la materia orgánica que contenga el agua bruta e interrumpir los posibles desarrollos bacteriológicos tanto en las conducciones y equipos como en las membranas. Las soluciones comerciales del hipoclorito sódico se caracterizan por su contenido en cloro activo.

La experiencia con agua del mar indica una mayor efectividad cuando se dosifica de forma discontinua a bajas dosis (del orden de 2 ppm), aunque es recomendable tener previstas dosis más altas por si fuese necesario de forma que se obtenga una cantidad residual de 0,5 ppm. Otra consideración a tener en cuenta es que su acción bactericida aumenta con el tiempo de contacto entre el agua y el reactivo.

##### **B. Coagulación.**

En el caso de una captación en pozo, no suele ser necesaria una coagulación pero es recomendable prevenir un sistema de dosificación de coagulante porque el agua, a pesar de su filtrado, sigue llevando una gran cantidad de partículas coloidales, que por sus

especiales características de tamaño y carga eléctrica tienden a mantener indefinidamente en suspensión.

Para impedir el atascamiento de los módulos de osmosis inversa por la formación de depósitos de partículas coloidales, se procede a su eliminación realizando una desestabilización de la suspensión.

Al efectuarse la coagulación, se desestabilizan las micelas iónicas neutralizándose su carga eléctrica y al estar neutralizados los coloides tienden a formar pequeñas aglomeraciones neutras y así se facilita su decantación.

Los factores que influyen para la dosis y tipo de coagulante a dosificar son los siguientes:

- Composición química del agua.
- Cantidad de materia coloidal presente.
- pH.
- Temperatura.

Los coagulantes más utilizados son las sales minerales de cationes de valencia elevada, entre los cuales las más usadas son el sulfato de alumina ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) y el cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) hidratados. Normalmente el más utilizado en instalaciones de agua de mar suele ser el cloruro férrico, ya que al utilizar el sulfato de alumina puede dar lugar a concentraciones de aluminio y este provocar atascamientos en las membranas prácticamente irreversibles.

Las dosis de coagulante a tratar depende de los factores anteriormente citados pero para este tipo de instalaciones suelen oscilar entre 5 y 30 ppm.

### C. Ajuste de pH.

Normalmente, es necesaria la acidificación del agua bruta para evitar la precipitación de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ) y óxidos metálicos, especialmente el  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . La acidificación puede realizarse por adición de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

D. Dosificación de dispersante o antiincrustante.

La función de los antiincrustantes es la de mejorar la solubilidad de algunas sales y prevenir su precipitación (uno de los factores limitantes de la conversión de las desaladoras) como el  $\text{CaSO}_4$  o el  $\text{BaSO}_4$ .

Algunos compuestos, poseen la propiedad frente a ciertos iones, especialmente calcio y magnesio, de inhibir la formación de gérmenes cristalinos. Uno de los compuestos que posee esta propiedad y que se suele utilizar en este tipo de instalaciones como antiincrustante es el polímero orgánico hexametáfosfato sódico (HMP). Es un polimetáfosfato cristalino muy soluble, de estructura cilíndrica que al adicionarse al agua a tratar permite incluso trabajar con índices de Langelier positivos sin riesgo de precipitación.

El punto de dosificación del antiincrustante será después de los filtros de arena para evitar que estos retengan parte del producto, y antes de los filtros de cartuchos para evitar que el producto no disuelto correctamente pase a las membranas.

E. Dosificación de bisulfito sódico.

Como hemos comentando antes, dependiendo del agua a tratar, el primer pretratamiento a realizar es la cloración del agua, debido a esta cloración, el agua filtrada puede contener cloro residual libre que debe ser eliminado anteriormente al paso por las membranas, ya que, dicho oxidante degradaría irreversiblemente las membranas.

Para llevar a cabo la decloración del agua se empleará bisulfito sódico ( $\text{NaHSO}_3$ ). El bisulfito sódico es un agente capaz de reducir el ácido hipocloroso residual a iones cloruro, produciéndose a la vez la oxidación del bisulfito a bisulfato.

#### **6.10.2.2. Pretratamientos físicos.**

Es fundamental que las membranas trabajen en condiciones óptimas para alcanzar los objetivos de producción y calidad requeridos, por esta razón es el pretratamiento crítico para una buena operación del sistema. Depende de la calidad y cantidad del agua a tratar y la mejor base para su diseño es una analítica representativa, este tipo de pretratamiento utiliza de manera general filtros, y los más utilizados son los filtros de arena y de cartuchos.

##### **A. Filtración por arena.**

La filtración no es tan diferente a la que se emplea en cualquier instalación de tratamiento de aguas.

Los filtros consisten en depósitos cilíndricos, dispuestos de manera horizontal o vertical, rellenos de un medio filtrante donde el movimiento del agua es siempre en sentido vertical. Los utilizados en desaladoras de tamaño medio suelen ser cerrados o de presión.

Puede tratarse de una o varias capas de material filtrante, o incluso de dos etapas con distinta granulometría. Su objetivo es conseguir una buena distribución de los sólidos retenidos.

Los materiales típicos utilizados son:

- Antracita: más ligera, porosa y angulosa que la arena, elimina las partículas gruesas eficazmente.
- Arena silíceas: se suelen utilizar capas de distinta granulometría. Entre 0,5 y 0,8 mm de tamaño medio. La de granulometría más gruesa al fondo para facilitar la recogida del agua.

Los materiales que suelen utilizarse en el filtro suelen ser materiales metálicos recubiertos internamente, y plásticos como PRFV, PE o PVC.

La pérdida de carga a través del filtro determina el momento de efectuar una limpieza ( $0,5-1 \text{ kg/cm}^2$ ). Mediante un rotámetro se puede evaluar el estado de cada filtro de un conjunto en paralelo. El lavado se efectúa a contracorriente, con aire y agua y la soplante para suministrar el aire necesario. El movimiento ascendente del agua arrastra la suciedad atrapada y antes de poner el filtro en servicio es necesario un tiempo de prefiltrado, sobre todo cuando se utiliza salmuera para el lavado.

#### B. Filtración por cartuchos.

Se componen de depósitos de presión con una cantidad variable de cartuchos (elemento filtrante). Los cartuchos eliminan las partículas de más de 5/10 micras, protegiendo las membranas.

Si la pérdida de carga derivada de las partículas retenidas alcanza un valor determinado se sustituyen los cartuchos (no son limpiables). El material del cuerpo suele ser de PRFV, PVC y acero inoxidable.

Los filtros suelen estar formados por un alma o eje hueco con perforaciones laterales. El eje debe ser de un material resistente a la corrosión (plásticos o acero inoxidable).

Existen dos opciones para recubrir el eje y garantizar el tamaño del poro:

- Cartuchos bobinados: con un hilo arrollado, suelen ser de propileno.
- Cartuchos aglomerados: con una capa de material filtrante homogénea.

#### **6.10.3. Unidad de ósmosis inversa.**

El modulo de ósmosis inversa se encuentra entre los filtros de cartuchos y las salidas de agua producto y salmueras. Es el núcleo y la parte fundamental de la instalación, está compuesta por la bomba de alta presión y las membranas.

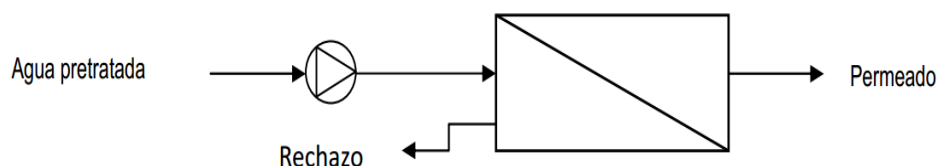


Figura 1. 31. Esquema unidad ósmosis inversa (bibliografía [2]).

- Bombeo a alta presión.

La bomba de alta presión juega un papel fundamental en la planta desaladora ya que proporciona al agua, una vez pretratada, una presión (superior a la osmótica) adecuada para que se obtenga la producción deseada. Las presiones que suelen alcanzarse, están en torno a los 60-70 bares, aunque esta cifra varía según la bomba que se utilice y la producción que se requiera. Constituye además un consumo importante del total de la planta, de manera que la recuperación de energía, que veremos en el siguiente apartado, va encaminada a disminuir su consumo mediante la recuperación de la energía del rechazo.

El tipo de bomba que se utilice en la planta dependerá en gran medida del caudal de producción así como de la presión que deba proporcionar. Se suelen usar los siguientes tipos:

- Bombas de desplazamiento positivo de tipo pistón: son bombas muy robustas y con una alta eficiencia hidráulica 86-88%. Sus caudales pueden llegar hasta unos 2.400 m<sup>3</sup>/día y pueden llegar a presiones de hasta 70 bares, por lo que se usa en plantas de capacidad pequeña, además, presentan problemas de mantenimiento, y son más caras.
- Bombas centrífugas: su eficiencia es algo más baja que la anterior pero su fiabilidad y mantenimiento mayor; es la solución más adoptada. Se usa en plantas de capacidad media y alta. Cada vez más, se está usando las bombas centrífugas de cámara partida y de segmentos.

- Membranas.

Constituyen el corazón de la planta desaladora, puesto que en ella tiene lugar el proceso físico de la ósmosis inversa. Básicamente una membrana es una superficie con carácter selectivo que separa dos medios con distinto potencial químico y permite el paso de determinados componentes y limita el de otros. El motor del transporte de componentes a través de ella, es el gradiente de potencial químico.

Las principales características que deben tener las membranas para obtener un producto de calidad son:

- Poseer un alto nivel de rechazo de sales.
- Tener una alta permeabilidad.
- Ser estables en un amplio rango de pH, temperatura y agentes químicos.
- Ser capaces de poder soportar las altas presiones que proporcionan las bombas de alta presión.

Las membranas más utilizadas son las asimétricas, ya que está demostrado que presentan mayor rechazo de sales además de una mayor permeabilidad al solvente, lo que les confiere una excelente selectividad.

Según el material de fabricación, las membranas de poliamidas aromáticas presentan una mejor combinación de paso de solvente y rechazo de sales que las de acetato de celulosa. Por el contrario, las membranas de acetato de celulosa son más tolerantes al cloro libre, ya que sufren menor degradación de la que sufrirían las de poliamidas. Esto hace a las de acetato más estables en aguas que tienen un alto grado de ensuciamiento, como pueden ser las aguas residuales o industriales.

Según el tipo de módulo, la configuración de arrollamiento en espiral posee una elevada compacidad, aunque no llega a las de fibra hueca, son mas económicas, mayor facilidad de limpieza, tanto por vía química como hidráulica, esto permite que se puedan utilizar con aguas más cargadas, son más fáciles de reponer, y un mejor control de calidad; esto las hace las más utilizadas de entre todas las configuraciones.



#### 6.10.4. Recuperación energética.

El rechazo o salmuera sale a una presión algo inferior a la presión de alimentación debido a una pequeña pérdida de carga que se produce en el proceso de ósmosis. Este flujo representa una potencial fuente de energía que puede incorporarse al proceso de ósmosis y conseguir una optimización de la planta, lo que se traduce en un importante ahorro energético y por tanto económico.

Existen varios sistemas de recuperación de energía, entre los que destacan la turbina Pelton, el conjunto Turbocharger y el intercambiador de presión.

##### A. Turbina Pelton.

El rechazo a su salida de la unidad de ósmosis se dirige a la turbina Pelton, donde la energía de presión se transforma en energía mecánica, que a través de un motor para a energía eléctrica; dicha energía eléctrica se emplea para accionar la bomba de alta presión. Se usa en planta de capacidad media-alta, y son de fácil mantenimiento. En lugar de la turbina Pelton podríamos encontrarnos con una bomba invertida, aunque esta opción cada vez se usa menos, dado que la turbina Pelton tiene mayor rendimiento, en ambos casos el esquema sería el mismo:

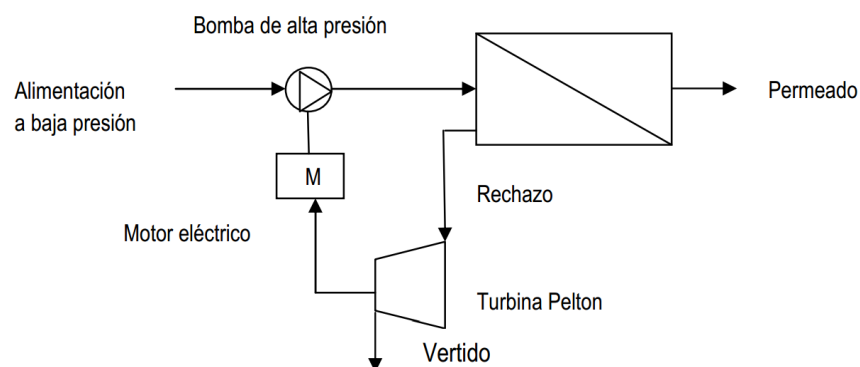


Figura 1. 32. Esquema unidad ósmosis inversa con turbina Pelton (bibliografía [2]).

### B. Turbocharger.

Este sistema está compuesto por una turbina y una bomba acopladas, de manera que no se necesita motor adicional. El rechazo entra en el turbocharger y transforma su energía en mecánica, que se emplea en mover la bomba de alta presión. Se utiliza para plantas de capacidad de producción pequeña y media.

El esquema general de recuperación energética de una planta con turbocharger es el siguiente:

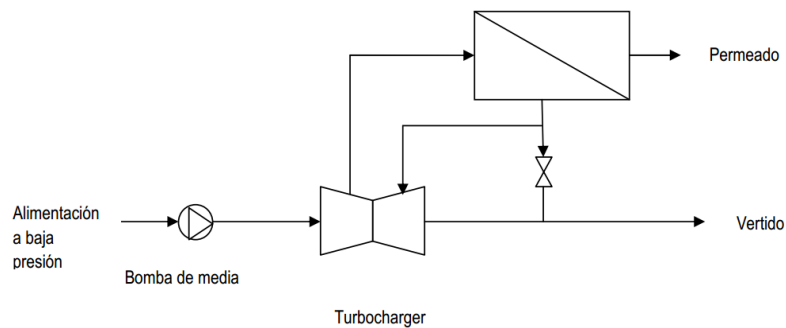


Figura 1. 33. Esquema unidad ósmosis inversa con Turbocharger (bibliografía [2]).

### C. Intercambiador de presión.

El intercambiador de presión o cámara isobárica está formado por una cámara en cuyo interior se encuentra un pistón que es el encargado de transferir la energía de presión de un flujo a otro y un juego de válvulas. Para explicar su funcionamiento nos basaremos en la siguiente figura:

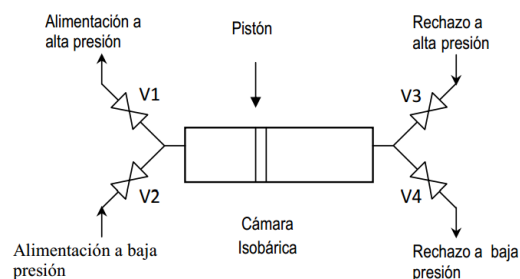


Figura 1. 34. Esquema intercambiador de presión (bibliografía [2]).

El funcionamiento se puede dividir en dos fases:

- 1ª fase: la válvula V2 y la válvula V4 están abiertas, de manera que en la cámara está entrando agua de alimentación a baja presión y está saliendo el rechazo residual de baja presión de la etapa anterior.

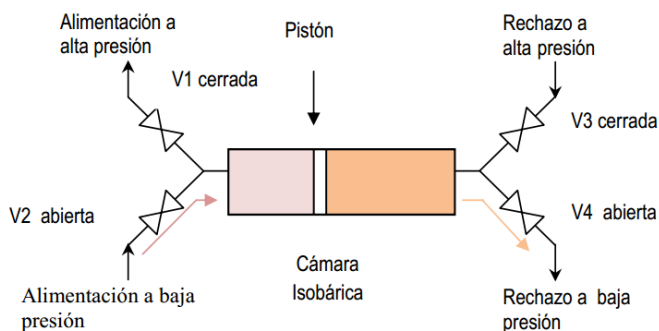


Figura 1. 35. Primera fase de operación de un intercambiador de presión (bibliografía [2]).

- 2ª fase: la cámara se termina llenando de la alimentación a baja presión, y una vez lleno, se abren las válvulas V1 y V3, de manera que el rechazo a alta presión entra en la cámara y le cede su presión, a través del pistón su energía a la alimentación, que sale a alta presión a través de la válvula V1.

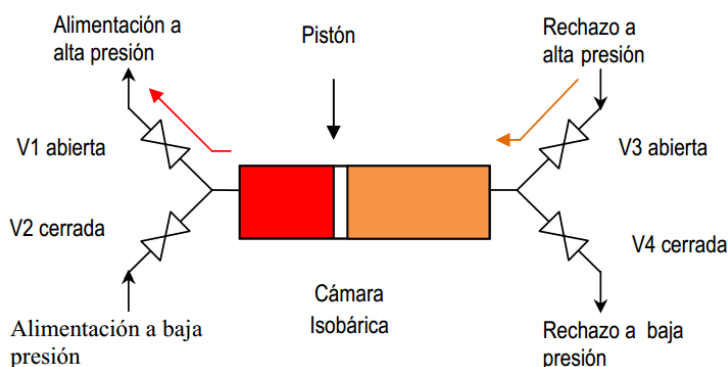


Figura 1. 36. Segunda fase de operación de un intercambiador de presión (bibliografía [2]).

El intercambiador de presión se está implantando en gran número de instalaciones y su uso está en expansión debido a que su rendimiento es bastante elevado, del 98% en un amplio rango de operación, lo que reduce considerablemente el consumo de la bomba de alta presión. Por otra parte, el caudal de agua al que se le cede la energía en el intercambiador es semejante al de rechazo, por lo que la bomba de alta presión trabaja con un caudal igual al del permeado, lo que reduce considerablemente su tamaño.

Una planta con intercambiador de presión, adopta la siguiente configuración:

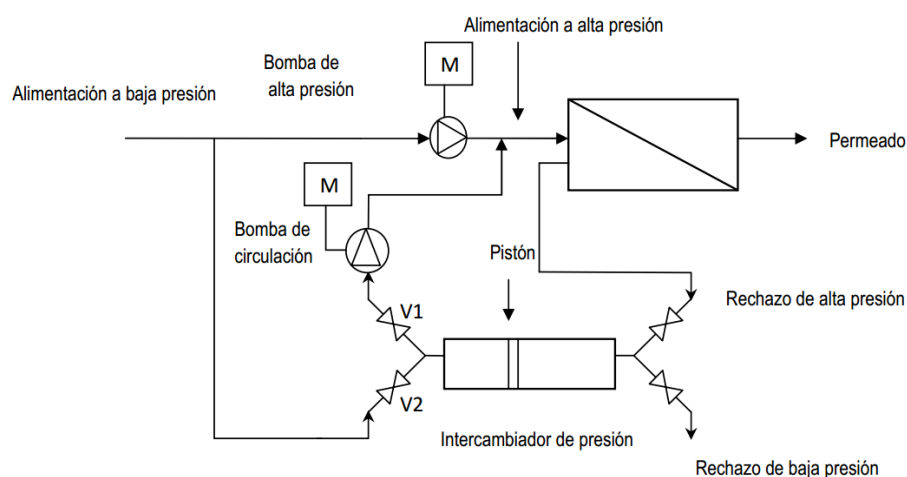


Figura 1. 37. Esquema unidad de ósmosis inversa con intercambiador de presión (bibliografía [2]).

Como podemos ver existe una bomba de circulación a la salida del intercambiador de presión que proporciona la pérdida de carga que haya podido tener lugar en el proceso de intercambio de energía en la cámara isobárica, a esta bomba se le denomina bomba booster.

#### 6.10.5. Postratamiento.

##### A. Remineralización.

El permeado que se obtiene de la ósmosis inversa se encuentra con deficiencia de iones y con un pH bajo, para poder adecuar el agua producto para su abastecimiento y

consumo humano, se suele llevar a cabo (entre otras) una dosificación de cal de manera que se incremente su pH hasta eliminar su agresividad.

#### B. Post-cloración.

Antes del uso final, el agua se almacena en una depósito de forma que existe riesgo de que se vuelva a contaminar de nuevo, para ello, se pueden seguir tres posibles procedimientos:

- Gas cloro: es muy utilizado por su bajo coste se emplea cuando se tratan grandes caudales.
- Hipoclorito de sodio: es el procedimiento más barato tanto de implantación como de funcionamiento.
- Hipoclorito de calcio: aporta calcio que sirve para elevar el contenido de este elemento en el agua producto.

A veces se puede intentar la carbonatación y la cloración de una sola vez con la dosificación de  $\text{CaCl}_2$ .

#### **6.11. Costes generales en una planta desaladora por ósmosis inversa.**

Cuando hacemos referencia al coste de la desalación hablamos del coste final (de cualquier índole) que es necesario para producir el agua desalada. El gran reto de la desalación es conseguir que este coste sea competitivo con el de otros recursos.

Para conseguir que sea competitivo hay que minimizar la influencia de la componente energética en dicho coste, tanto en lo que se refiere a costes fijos (término de potencia) como a los costes variables (términos de energía).

Si se repercute la amortización de las instalaciones en el precio del agua, se estima que alrededor del 40% del coste total procede de la energía mientras que la amortización está comprendida entre un 30% y un 40%, si no se tiene en cuenta la amortización, entonces

la energía representará prácticamente las tres cuartas partes del coste total del agua. En la siguiente gráfica podemos ver una estimación de los costes de la desalación.

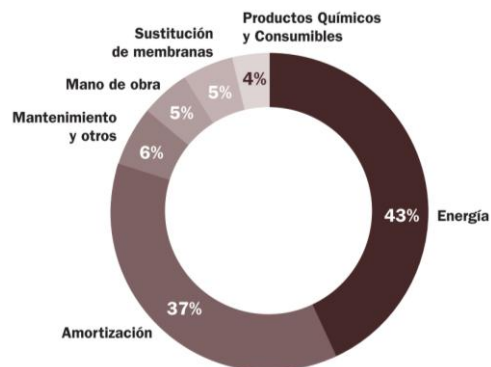


Figura 1. 38. Distribución de los costes en una planta desaladora por ósmosis inversa (bibliografía [3]).

De ahí la importancia de seguir investigando en sistemas que reduzcan aún más el consumo específico del proceso de ósmosis inversa, cuyos últimos logros han permitido alcanzar altos niveles de capacidad de producción.

## 7. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA A DESALAR.

### 7.1. Introducción.

El correcto funcionamiento de una planta de desalación de agua por ósmosis inversa (OI), entendido éste como que los valores de producción y conversión de producto no se alejan de los valores de diseño, depende fundamentalmente de tres factores:

- Pretratamiento adecuado del agua de alimentación.
- Diseño de la planta correcto, en cuanto a los parámetros operativos.
- Condiciones de trabajo y mantenimiento de planta adecuadas.

Aún siendo importantes los tres factores, un pretratamiento inadecuado afectaría de manera muy negativa a los otros dos, pudiéndose afirmar, que el pretratamiento del agua

de alimentación es el factor fundamental del funcionamiento, presente y futuro, de una planta de OI.

El tipo e intensidad del pretratamiento del agua de alimentación dependen de una serie de factores, tales como las características físico-químicas del agua, la configuración de los módulos, el material de las membranas, la tasa de recuperación o rendimiento y calidad de producto que se quiere obtener.

En la caracterización físico-química del agua de alimentación, se debe detectar y cuantificar aquellas sustancias que puedan provocar daños irreversibles en la estructura íntima de las membranas, además de aquellas otras cuya presencia dé lugar a una disminución de su productividad.

Entre los componentes del agua de alimentación que producen daños irreversibles a la estructura íntima de las membranas citar: ácidos y bases (pH del agua), agentes oxidantes (cloro libre, ozono, etc.) y microorganismos (bacterias, hongos, etc.). El efecto producido por cada una de estas sustancias depende de la concentración de las mismas y del tipo de membrana en cuestión. Aclarar que los microorganismos, principalmente bacterias y hongos, no causarían un daño irreparable por su simple deposición sobre la superficie de las membranas, sino que es el efecto de su metabolismo (cambios de pH, producción de determinadas sustancias, etc.) lo que puede alterar la estructura química de las mismas.

## **7.2.Características físicas.**

### **A. Sólidos en suspensión.**

Los sólidos en suspensión o materia en suspensión están presentes en el agua y se determinan por gravimetría. Este procedimiento distingue entre los sólidos de origen inorgánico o los orgánicos (microorganismos como bacterias, algas, etc.). Para la materia orgánica existen hoy día determinaciones como el Carbono Orgánico Total (COT).

La cantidad de sólidos presentes está muy relacionada con el tipo de captación o toma de agua de mar. Las tomas abiertas pueden ejecutarse mediante emisario de captación, que se introducen unos cientos de metros en el mar, o bien en balsas de decantación, en las que se retiene el agua de mar para permitir la sedimentación de las partículas de cierto tamaño. En estos casos el agua tiene un alto contenido en sólidos no sedimentables (se mantienen en suspensión) que suelen presentar problemas en las plantas, especialmente en las membranas, por la tendencia a colmatar o taponar las mismas.

Otra forma de realizar la captación es mediante un pozo costero o pozo playero, siempre que el terreno permita la perforación. En estos casos, el propio terreno permeable actúa como prefiltración, por lo cual el agua obtenida en bombas tiene mucho menor contenido en sólidos y biomasa, manteniendo naturalmente la salinidad. Una manera muy frecuente de estimar la tendencia al ensuciamiento de membranas es mediante el denominado “índice de ensuciamiento” (SDI), que es una determinación realizada de forma empírica.

$$SDI = \frac{\left(1 - \frac{t_1}{t_2}\right) \cdot 100}{15} \quad [1.10.]$$

Donde:

- $t_1$  y  $t_2$  = tiempos de filtración inicial y final tras 15 minutos.

Los valores aceptables de SDI en membranas de ósmosis inversa son menores de 5, y preferentemente menores de 3. Los sólidos en suspensión se suelen tratar mediante filtración (filtros de arena o filtros de cartuchos).

#### B. Temperatura.

La temperatura del agua de alimentación afecta a la productividad de las membranas, a su degradación físico-química y a la propia solubilidad de las sales. Es un dato importantísimo en el diseño de una planta de OI, por lo que se debe comprobar no sólo



con media puntuales, sino también considerando su rango de variación estacional. En nuestras latitudes las temperaturas medias del agua del mar varían entre 18 y 24 °C entre el invierno y el verano.

La influencia de las temperatura en el funcionamiento de las membranas es importante desde tres puntos de vista, por lo que debemos tenerlas en cuenta:

- La solubilidad de determinadas sales aumenta con la temperatura y por tanto a temperaturas más elevadas se reducen sus riesgos de precipitación.
- La temperatura influye en la viscosidad del agua y en la dilatación de los materiales que constituyen las membranas, por lo que deben tenerse en cuenta en el diseño.
- La elevación de la temperatura favorece la actividad biológica de los microorganismos que ocasionan el ensuciamiento de las membranas.

### **7.3.Características químicas.**

#### **A. Conductividad eléctrica o salinidad.**

Este parámetro indica, de forma indirecta y aproximada, el contenido en sales disueltas en el agua. La medida de la conductividad eléctrica se basa en el principio de que el flujo de corriente eléctrica que se transmite a través de una disolución, bajo determinadas condiciones, varía con la concentración de sales presentes en la misma. Esto se debe a que los iones disociados presentes en la disolución, transportan las cargas eléctricas entre dos electrodos de medida. Las unidades en la que se mide la conductividad eléctrica son  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

La conductividad de una disolución depende, no solo de su concentración iónica, sino también de su composición iónica y de la temperatura. La composición iónica de una disolución afecta a su conductividad eléctrica ya que ni todos los iones transportan con la misma facilidad las cargas eléctricas ni presentan la misma movilidad en el seno de la

disolución. La conductividad de una disolución está directamente relacionada con la temperatura de la misma, debido a que un incremento de la temperatura provoca un aumento de la velocidad de los iones en la disolución.

#### B. pH.

Es el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno del agua y es consecuencia de las sales que lleva en solución. Su valor es un índice indicativo de las características del agua. Su valor, medido a 25°C y referido a un agua químicamente pura, es 7; si la disolución presenta un valor de pH inferior a 7 se dice que es ácida o corrosiva, y si es superior a 7, es básica o incrustante. Es decir, un medio alcalino (pH alto) favorece las incrustaciones o precipitaciones de sales sobre las superficies de una instalación. Por el contrario, un pH bajo (ácido) favorece la corrosión.

Desde el punto de vista de la desalación por membranas, ejerce dos tipos de acciones:

- Influye en la solubilidad de los carbonatos y regula por tanto su precipitación.
- Limita el empleo de la membrana de acetato de celulosa que a valores inferiores o superiores a 5, pueden experimentar hidrólisis.

#### C. Composición química del agua.

La tabla siguiente muestra las características del mar Mediterráneo, siendo ésta la procedencia del agua de alimentación de la planta desaladora.

CONSTITUYENTES	(mg/l)
$\text{Ca}^{2+}$	410
$\text{Mg}^{2+}$	1.540
$\text{Na}^{+}$	10.760
$\text{K}^{+}$	390
$\text{CO}_3^{2-}$	3
$\text{Sr}^{2+}$	8

$\text{Fe}^{2+}$	0,003
$\text{HCO}_3^-$	158
$\text{SO}_4^{2-}$	3.300
$\text{Cl}^-$	19.350
$\text{F}^-$	1
$\text{SiO}_2^-$	0,1
<b>STD</b>	<b>35.920,103</b>

Tabla 1. 12. Constituyentes principales del agua del mar Mediterráneo.

Como podemos observar en la tabla, el agua de mar del Mediterráneo tiene un contenido de sólidos disueltos (STD) de 35.920,103 mg/l o ppm, un poco superior al agua de mar estándar.

#### D. Características microbiológicas.

El contenido microbiológico del agua de mar también merece atención, muy especialmente cuando se trabaja en una desaladora mediante procesos de membranas. Los microorganismos presentes en el agua bruta tienden a formar biopelículas sobre las superficies por las que van pasando, de forma que pueden llegar a formarse agregados de importancia. Esto trae consigo el fenómeno de ensuciamiento biológico (biofouling) que produce atascamientos y la consiguiente pérdida de carga en las membranas, y en definitiva un reducción de la producción de agua. Se han realizado mediciones que demuestran que un elemento de membrana con crecimiento biológico puede alcanzar un peso doble de su peso original.

## 8. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA.

### 8.1. Introducción.

La planta desaladora se encuentra ubicada en el término municipal de Motril, con el fin de abastecer tanto Motril como a Salobreña, permitiendo suministrar de manera

aproximada un volumen anual de 7,2 hm<sup>3</sup>, solventando de esta forma los problemas de abastecimiento de la zona.

La desaladora está dispuesta en dos líneas de operación exactamente iguales, de ósmosis inversa con un sistema de recuperación de energía a través de intercambiadores de presión o cámaras isobáricas. Además, como hemos resaltado en apartados anteriores en este tipo de plantas, se instalará un pretratamiento, el cual según las características del agua de alimentación, será sencillo.

Constará del pretratamiento químico, donde se adicionarán los químicos necesarios para tener un agua que sea capaz de atravesar los módulos de la ósmosis inversa sin dañar las membranas, en nuestro caso ácido sulfúrico y hipoclorito sódico para adecuar el agua al pretratamiento, y el propio pretratamiento químico con bisulfito sódico y Genesys SW (antiincrustante); y el pretratamiento físico, consistente en una filtración de arena y posteriormente una por cartuchos.

Por último, para adaptar la calidad del agua desalada a la del agua potable y cumplir así con la normativa vigente de calidad de las aguas para abastecimiento (RD 140/2003), el agua se someterá a un postratamiento, consistente en una remineralización adicionando hidróxido cálcico, y una desinfección con hipoclorito sódico. A continuación podemos observar un esquema sencillo y general de la planta.

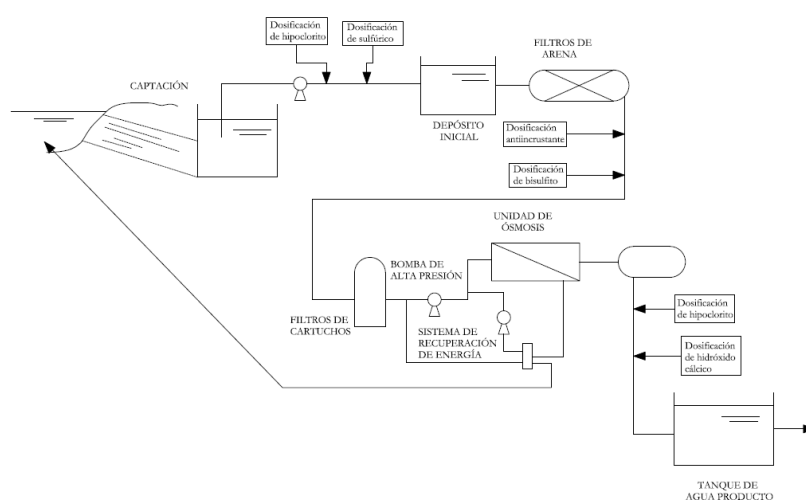


Figura 1. 39. Esquema de la planta desaladora.

## **8.2. Captación.**

### **8.2.1. Tipo de captación.**

La captación del agua de alimentación, como detallamos en apartados anteriores, se puede realizar mediante toma cerrada (pozos costeros) o mediante toma directa del mar. La opción a elegir tendrá una importante incidencia sobre el coste final del agua desalada, esta diferencia de coste no se debe al coste de la obra en sí, sino a la diferente calidad del agua de alimentación, ya que afectan al posterior tratamiento que se le debe realizar. De manera general, podemos afirmar que la alimentación por toma cerrada son de mejor calidad que la tomada directamente del mar, ya que al usar pozos de captación se está empleando el poder autodepurador del suelo y subsuelo para eliminar materia orgánica y, frecuentemente sólidos en suspensión.

Al aguas del litoral suelen estar más o menos contaminadas en superficie, lo que para una captación abierta, exige tomas a una profundidad considerable, con las consiguientes dificultades técnicas, de operación y encarecimiento. Por lo tanto, podemos afirmar que la captación cerrada supone un menor coste de explotación y un funcionamiento de la planta más sencillo.

De modo que, después de tener en cuenta todas las consideraciones mencionadas, se concluyó que la solución más adecuada es la captación cerrada, mediante una cántara de captación, la cual consistirá en un depósito rectangular excavado por debajo de la cota de agua del terreno. Debemos tener en cuenta que antes de llevar a cabo la instalación definitiva de esta unidad en la planta se deberá llevar a cabo un estudio minucioso del terreno para ver que cumple con las condiciones requeridas, en el caso del presente proyecto suponemos que las condiciones son idóneas para su instalación.

Las dimensiones de la cántaras son:

- Altura: 8 m.
- Anchura: 20 m.
- Longitud: 37 m.

De esta forma, se llevará a cabo la excavación de esta cántara en la zona de la parcela de la planta desaladora más cercana a la costa, junto con los equipos de bombeo necesarios.

### **8.2.2. Bombas de captación.**

La misión de estas bombas es la de suministrar agua bruta a la planta, captándola en los pozos verticales y trasvasándola al depósito inicial. Se instalará una bomba por cada pozo vertical. Su selección y datos se encuentran en el punto 7.2.2.1. “bomba de captación” de la memoria de cálculo. El modelo seleccionado debe impulsar 5.859,375 m<sup>3</sup>/día (244,14 m<sup>3</sup>/h) y tener una capacidad mínima de 7,76935 metros, cada una.

La bomba elegida es comercializada por la empresa “BOMBAS ZEDA”, el modelo es de la serie FT, se trata de una bomba centrífuga monocelular. Las características principales de la bomba son las siguientes:

- Caudales hasta 350 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 95 metros.
- Presión mínima de prueba 10 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 2.900 r.p.m.
- Temperatura hasta +300°C.

En el punto 12 del anexo IV “datos técnicos de los equipos” nos encontramos con las características de la bomba de captación seleccionada.

### **8.3. Pretratamiento físico.**

El objetivo de estos pretratamientos es eliminar fundamentalmente sólidos, algas y materia orgánica que se encuentran en el agua de alimentación. Es vital la eliminación de estos compuestos o al menos mantenerlos dentro de ciertos rangos para evitar el deterioro o avería del sistema hidráulico y de las membranas.

Como hemos comentado en varios apartados anteriores, el número y tipos de pretratamientos físicos vendrá en función de las características del agua aporte, la cual por otra parte, depende del tipo de toma de agua. Las partículas en suspensión se originan como consecuencia de la erosión del terreno, disolución de sustancias minerales y la descomposición de sustancias orgánicas.

En muchas ocasiones el pretratamiento físico debe mejorarse con la implantación de otras técnicas que consigan una depuración mayor, como por ejemplo la decantación, la coagulación-floculación y la coagulación-floculación-decantación.

Si aun los niveles de partículas en el agua de alimentación son inadecuados se efectúa una fase de mayor afino consistente en la filtración sobre cartuchos. Actualmente, esta filtración se emplea de forma general como etapa previa a la unidad de ósmosis inversa, principalmente por exigencia para las garantías que ofrecen los fabricantes de membranas.

#### **8.3.1. Filtración grosera.**

Se realiza con filtros que contienen una o más capas de material filtrante, pero no tiene porque ser arena. En ellos el agua se introduce por la parte superior y va a través de las distintas capas, llegando a la parte inferior donde es recogida.

Un factor a tener en cuenta es la velocidad de filtración, éste factor depende de la presión aplicada, la granulometría usada y profundidad de la capa o capas de material. Existen diferentes tipos de filtros de arena de acuerdo con el proceso físico que rige la filtración, la velocidad de filtración y la disposición espacial.

El primer tipo son los abiertos, los cuales filtran el agua a través de la propia gravedad, los cuales se consideran lentos, ya que las velocidades de filtrado son mínimas comparadas con el siguiente tipo de filtración. Ese segundo tipo son los denominados cerrados, los cuales aplican presión para que se produzca la filtración, son denominados

como rápidos debido a sus altas velocidades de filtración, y pueden disponerse horizontal y verticalmente.

En el diseño de cualquier instalación es de vital importancia tener en cuenta el espacio disponible para los equipos e instalaciones, en este caso los filtros suelen tener unas limitaciones de dimensionamiento, ya que para el diámetro, ya sean horizontales o verticales su límite suele rondar los 4 metros, en cuanto a la longitud los horizontales no deben sobrepasar los 20 metros, y en los verticales la altura está limitado entorno a los 4 metros.

Suelen fabricarse de material metálico o de materiales plásticos como el PRFV, en la zona inferior en el interior, se colocan una serie de colectores o placas con boquillas que son las encargadas de recoger el agua que atraviesa de forma descendente el material filtrante.

En las instalaciones de ósmosis inversa los más utilizados son los filtros cerrados debido a sus mayores velocidades de filtración. Entre ellos, los filtros verticales producen una calidad superior de filtrado y más homogénea con respecto a los horizontales, ya que la capa filtrante es del mismo espesor que toda su superficie, mientras que en los horizontales el espesor varía del centro a los bordes del depósito. Sin embargo, los filtros verticales tienen una limitación de superficie filtrante, de manera que son más adecuados los horizontales en el caso de instalaciones de tamaño medio, como es el caso en el que nos encontramos.

En nuestro caso el medio filtrante bastará con ser una simple capa de arena, ya que el tipo de captación elegido es mediante una cántara de captación. El material más empleado, y el que utilizaremos, es la arena de sílice, cuya granulometría se encuentra entre 0,8 y 1,2 mm, con respecto al espesor de la capa de arena se encuentra entre 35 y 45 cm.

La unidad de filtración grosera constará de 4 filtros de arena en cada línea de operación, es decir, un total de 8 filtros en toda la instalación y cada filtro tendrá un caudal de



244,14 m<sup>3</sup>/h. Podemos observar en el apartado 4.2. “filtración grosera” de la memoria de cálculo, el dimensionamiento de la unidad.

Los filtros elegidos son de disposición horizontal del suministrador “POLTANK”, concretamente el modelo 30H50B10M31, con las siguientes características:

- Diámetro: 3 m
- Longitud: 5,44 m
- Superficie filtrante: 13,24 m<sup>2</sup>



Figura 1. 40. Esquema filtro de arena seleccionado ([www.poltank.com](http://www.poltank.com)).

Además, debemos tener en cuenta un tema fundamental en este tipo de equipos, la limpieza de los filtros. Ésta constará de tres etapas, aplicando a contracorriente agua y aire de forma alternada. Se ha llegado a esta operación, ya que es la más recomendada por los fabricantes de filtros de arena. Por tanto, el lavado de los filtros de arena seguirá los siguientes puntos:

- Aplicación de aire: esta fase se emplea para el adecuado esponjamiento de la arena, el caudal de aire calculado por filtro es de 662 m<sup>3</sup>/h. Para que se lleve a cabo esta fase, instalaremos dos motosoplantes, uno en cada línea de operación, hemos elegido uno del fabricante “MAPNER”, el cual cumple con los requisitos necesarios en la instalación.
- Fase de lavado: esta es la fase donde se arrastran a contracorriente las partículas y coloides retenidos en el material filtrante durante el tiempo de operación en los

filtros de arena (esta fase ocurre de manera conjunta con la aplicación de aire).

El caudal de agua calculado necesario en cada filtro para esta fase es de 132,4 m<sup>3</sup>/h.

- Fase de aclarado: con esta fase lo que se pretende es homogenizar el lecho y compactarlo, regenerando así su capacidad filtrante. El caudal de agua necesario por cada filtro para esta fase es de 198,6 m<sup>3</sup>/h.

En el punto 4 del anexo IV “datos técnicos de los equipos” nos encontramos con las características de los filtros de arena seleccionados, y en el mismo anexo encontramos también las características de los motosoplantes elegidos.

### **8.3.2. Filtración de afino.**

Se instalan como parte del pretratamiento físico, de manera que se lleve a cabo una filtración más fina que la realizada por los filtros de arena. Actualmente, los fabricantes de membranas exigen un nivel alto de filtración mínimo del agua que entre en ellas de 5 micras.

Los más utilizados han sido los filtros de hilo que consisten en un alma o eje de material resistente a la corrosión, PVC o acero inoxidable, con perforaciones laterales. Sobre él se enrolla un hilo, del espesor del mismo, el tipo de enrollamiento y la tensión o presión que se aplica depende del tamaño del poro. El aumento de partículas retenidas va incrementando la obturación de poros y por tanto la pérdida de carga, hasta que se llega a un valor en el que la sustitución es inevitable, ya que las partículas no se desprenden fácilmente.

Hace unos años apareció una variedad mejorada de filtros de cartuchos, los filtros plegables. El sistema es el mismo pero el material filtrante se sustituye por una tela plegada sobre su eje, su superficie filtrante es superior y les permite en igualdad de condiciones disminuir las pérdidas de carga, básicamente esto es importante por la elongación en la vida útil del filtro. Otra ventaja que se desprende es la necesidad de un

menor número de filtros para conseguir un caudal determinado. En cuanto al tipo de material filtrante, el más usado es el propileno, aunque hay variedad en base a características y propiedades.

Tanto los filtros como los portafiltros elegidos serán de la firma “HARMSCO”. Al ser el de mayor capacidad y poder albergar el mayor número de filtros hemos elegido el portafiltro 200FL de la serie HIF, son unidades filtrantes multi-cartuchos de acero inoxidable con acabado electro pulido para incrementar la resistencia a la corrosión, se instalarán 12 portafiltros en la planta, 6 en cada línea de operación, con unas características de:

- Flujo máximo: 800 gpm
- N° de cartuchos: 200
- Diámetro: 0,7 m
- Altura: 1,47 m
- Presión de operación: 3,2 Kg/cm<sup>2</sup>

Los filtro elegidos son de la serie 701, con una capacidad retenedora de 5 micras como mínimo, fabricados de poliéster. Se ha optado, debido al caudal de alimentación de los portafiltros, la utilización de la versión más larga de estos filtros, con una longitud de 1250 mm, alojando en el interior de cada portafiltro 70 de estos filtros.

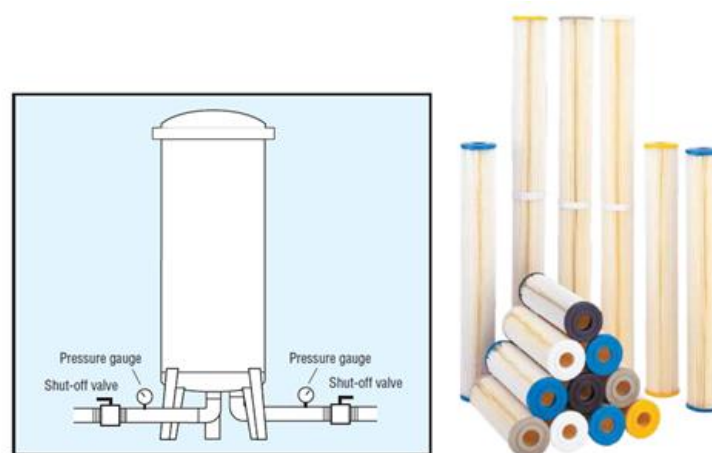


Figura 1. 41. Filtro y portafiltro seleccionados (www.harmsco.com).

En el apartado 4.3. “filtración de afino” de la memoria de cálculo se incluyen los cálculos realizados para este caso, y en el anexo IV “datos técnicos de los equipos” encontramos las características de los filtros y los portafiltros.

#### **8.4. Pretratamiento químico.**

Su aplicación es consecuencia de las características del agua a tratar, ya que tal y como es captada no se puede introducir de manera directa a las membranas. Éstas tienen unas condiciones de trabajo óptimas, como temperatura, pH o presión, por tanto el agua que llega a ellas debe encontrarse en esos valores para conseguir el mayor rendimiento.

El principal objetivo es controlar dos tipos de procesos o fenómenos que se desarrollan en el agua:

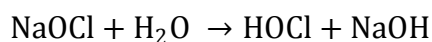
- Contaminación que se produce a causa de:
  - o Contaminantes orgánicos y biológicos.
  - o Algas y otras sustancias.
- Procesos químicos que ocasionan:
  - o Ataques químicos que afectan a la propia estructura de la membrana.
  - o Reacciones químicas que producen precipitados insolubles que afectan físicamente a la membrana.

##### **8.4.1. Dosificación de hipoclorito sódico (desinfección).**

Es uno de los pasos más importantes de la purificación del agua de abastecimiento para consumo humano. Responde al propósito de eliminar microorganismos indeseados en el agua, por lo tanto los desinfectantes se refieren a menudo como biocidas.

Hay distintas técnicas de desinfección, tratamientos con ozono, radiación ultravioleta y los tratamientos con halógenos y sus derivados. Entre todos estos tratamientos, el más usado en instalaciones por ósmosis inversa es la adición de un derivado clorado.

La base del proceso de desinfección es la formación de ácido hipocloroso (HOCl) que posee una elevada acción biocida, en nuestro caso utilizaremos el hipoclorito sódico, llevando a la siguiente reacción:



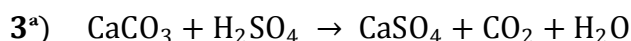
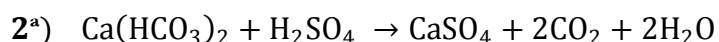
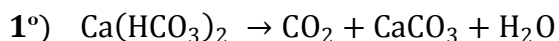
El ácido hipocloroso tiene la reacción siguiente:



En el apartado 5.1.1. de la memoria de cálculo se calcula la que la cantidad a dosificar de hipoclorito sódico será  $0,94 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $39 \text{ l/h}$ ). La adición se realizará justo antes del depósito inicial, de manera que el contacto del cloro con el agua sea lo más prolongado posible así su acción biocida tiene mayor rendimiento, ya que posteriormente el cloro deberá ser retirado antes de entrar en las membranas, las cuales son muy sensible a la presencia de este componente.

#### **8.4.2. Dosificación de ácido sulfúrico (ajuste de pH).**

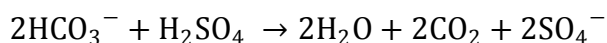
Como la adición anterior aquí se persigue dar al agua unas condiciones adecuadas para que el paso por las membranas sea de manera óptima y su deterioro mínimo. El valor de pH para el agua de alimentación es de 7,7, esto acarrea problemas como la producción de precipitados, como el carbonato cálcico a partir del bicarbonato cálcico, que afectaría de forma negativa al proceso. El ajuste de pH se llevará a cabo mediante la adición de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), que elimina la alcalinidad del bicarbonato previniendo la formación del carbonato. Las reacciones que se producen son las siguientes:



Donde:

1. Descomposición del bicarbonato.
2. Reacción del ácido sulfúrico con bicarbonato.
3. Reacción del ácido sulfúrico con carbonato.

El ácido sulfúrico tiene una consecuencia negativa, y es que origina un incremento del ión sulfato y por tanto, la posible formación de precipitados de sulfato cálcico.



Este problema se resuelve con la posterior adición de un antiincrustante o secuestrante, el cual adicionaremos a continuación.

La dosificación de ácido sulfúrico se lleva a cabo después de la dosificación de hipoclorito y antes del depósito inicial. Se trata de ácido sulfúrico con una concentración entre el 98% y el 99%, la dosis suministrada se encuentra calculada en el apartado 5.1.2. de la memoria de cálculo, la cual será una cantidad de 0,51 m<sup>3</sup>/día (21,23 l/h).

#### **8.4.3. Dosificación de bisulfito sódico (decoloración).**

Como hemos comentado en apartados anteriores, la membrana que hemos seleccionado es de poliamida aromática, la cual es muy sensible a la presencia de cloro (Cl<sub>2</sub>) presente en el agua por la desinfección mediante hipoclorito sódico, por tanto, para eliminarlo o al menos reducirlo se lleva a cabo una decoloración.

Los productos más empleados son los compuestos de azufre, dentro de la gran variedad de sistemas y productos para llevar a cabo este tratamiento, nos hemos decantado por la dosificación de bisulfito sódico (SO<sub>3</sub>HNa), siendo el más extendido por ser el más simple y eficaz.

De manera general se adiciona antes de los filtros de cartuchos y antes del inhibidor, de forma que están desprotegidos los filtros de cartuchos de la labor del desinfectante.

Según el apartado 5.1.3. de la memoria de cálculo, la dosificación de bisulfito se realizarán en cantidades de  $0,3422 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $14,26 \text{ l/h}$ ) en cada línea de operación, es decir en total será el doble.

#### **8.4.4. Dosificación del antiincrustante.**

Aunque no fuese necesario es conveniente su instalación, ya que la vida de una planta desaladora es muy larga y pueden producirse situaciones que requieran cambiar el tratamiento químico que se está llevando a cabo. Además el coste de este equipamiento es mínimo en relación con el valor total de la inversión de la planta.

En nuestra planta vamos a utilizar como inhibidor el producto Genesys SW, siendo muy útil para agua de mar, cuya composición es una disolución acuosa de un ácido policarboxílico neutralizado. Es un producto de nueva tecnología, que se utiliza en dosis muy reducidas. Inhibe todas las formas de incrustación permitiendo a las ingenierías el diseño de sistemas que operen a elevados porcentajes de recuperación.

Esto se traduce como un significativo ahorro de costes debido a la reducción de la cantidad de agua de alimentación utilizada y del volumen de agua de rechazo que será vertido.

Sus principales características son:

- Sus principios activos son ampliamente utilizados en instalaciones de agua potable.
- Tiene un impacto casi nulo en niveles de carbono orgánico total.
- Altamente efectivo frente a todas las incrustaciones más comunes.
- Compatible con todos los tipos de membranas, especialmente con las de poliamida.

- Reduce la necesidad de ácido.
- Permite a los sistemas operar a los porcentajes de recuperación más elevados posibles.
- Es una alternativa económica frente al uso de ácidos y/o polímeros.

El cálculo de la dosis del antiincrustante se recoge en el apartado 5.1.4. de la memoria de cálculo, llevándose a cabo en cantidades de  $0,0232 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $0,97 \text{ l/h}$ ) para cada línea de operación, de modo que en total sería el doble.

## 8.5. Depósitos.

### 8.5.1. Depósito inicial.

De manera que podamos asegurar el aporte continuo y sin fluctuaciones de agua bruta a las líneas de producción, instalaremos un depósito inicial entre la captación y la impulsión del agua a los pretratamientos.

Se trata de un depósito de hormigón armado semienterrado, con una capacidad de  $5.859,375 \text{ m}^3$ , el cual estará construido con cierto desnivel para facilitar las tareas de limpieza. El dimensionamiento del depósito se realiza en el apartado 6.1. de la memoria de cálculo y a continuación podemos observar sus dimensiones.

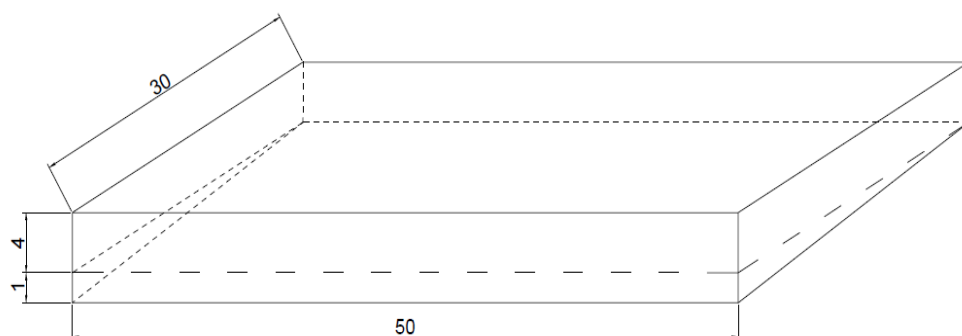


Figura 1. 42. Depósito inicial.



#### **8.5.2. Depósitos de agua producto.**

Estos depósitos serán los encargados de almacenar el agua producto para su posterior abastecimiento, debido al gran caudal de agua que produce la planta, se ha optado por la instalación de dos depósitos de PRFV, de manera que no afecte a las características del agua potable, suministrados por la empresa “AIQSA” denominados BIG-TANK, son cilíndricos verticales. Ambos depósitos tendrán una capacidad de  $1.250 \text{ m}^3$ , en el punto 6.2. de la memoria de cálculo se recoge el dimensionado de dichos depósitos, los cuales tendrán las siguientes dimensiones:

- Diámetro: 10 m
- Altura: 15,57 m

#### **8.5.3. Cántara de captación.**

Se trata de un depósito, el cual como hemos mencionado en otros apartados se encontrará por debajo de la línea del mar de manera que se inunde de agua de mar a través del terreno. El volumen que tendrá será de  $5.859,36 \text{ m}^3$ , en el apartado 6.3. de la memoria de cálculo se recoge su dimensionamiento, el cual nos lleva a las siguientes dimensiones:

- Altura: 8 m
- Anchura: 20 m
- Longitud: 37 m

#### **8.5.4. Depósito de equilibrio químico.**

Tras una parada de la instalación, ya sea voluntaria o involuntaria, se realizará un desplazamiento del agua contenida en su interior con el objetivo de homogeneizar las concentraciones o para reparar algunos de los equipos del circuito de alta presión.

Pero cuando dicha parada supera las 5 horas, será necesario además, la realización de un desplazamiento con agua procedente del permeado de la planta que no haya sido sometida aun postratamiento, de forma que se consiga una mayor dilución en el agua existente en el interior de equipos, tubos y membranas y así preservarlos de la corrosión salina y de las precipitaciones indeseadas. El desplazamiento se considerará finalizado cuando la conductividad alcance valores de 2.000  $\mu\text{S}$ .

Para la realización de dicha operación de desplazamiento se utilizará el mismo equipo que en el sistema de lavado químico. Para ello, este previamente se deberá encontrar libre de cualquier producto químico, por lo que se debe mantener en perfectas condiciones. La diferencia con el sistema de lavado químico es que no existe recirculación al depósito sino vertido a las arquetas de salmuera.

El depósito de equilibrio osmótico tendrá una capacidad de 40 m<sup>3</sup>, será de PRFV y de forma cilíndrica y dispuesto de manera horizontal, suministrado por el fabricante “ATERMIC”. El dimensionamiento del depósito se recoge en el punto 6.4. de la memoria de cálculo, cuyas dimensiones son:

- Diámetro: 3,2 m
- Longitud: 5,46 m

#### **8.5.5. Depósitos de reactivos químicos.**

Todos los depósitos de los reactivos químicos de la planta desaladora que se ha instalado son suministrados por la empresa “ATERMIC”, todos serán de PRFV, a excepción del depósito de ácido sulfúrico, el cual será suministrado por la empresa “AIQSA” y será de PPAD, como medida de seguridad al alto nivel corrosivo del ácido.

La elección del PRFV tanto en los depósitos como en las tuberías como veremos más adelante, se debe a su buena relación entre resistencia y peso, además de sus altas propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión, escaso mantenimiento y unos costes globales a lo largo de su vida útil.

Todos los depósitos serán cilíndricos verticales, con fondo plano. Las capacidades de los tanques se han elegido en función de la cantidad necesaria en la dosificación de los reactivos que albergarán durante veinte días.

El dimensionamiento de estos depósitos se recogen en el punto 6.5. de la memoria de cálculo, en la siguiente tabla se recogen las dimensiones de cada uno de estos depósitos.

Reactivo almacenado	Capacidad (l)	Diámetro (m)	Altura (m)
<b>Hipoclorito sódico (pret)</b>	20.000	2,5	4,465
<b>Ácido sulfúrico</b>	10.200	1,91	4,5
<b>Bisulfito sódico</b>	15.000	2,5	3,445
<b>Antiincrustante</b>	1.000	1	1,495
<b>Hidróxido cálcico</b>	35.000	3,2	4,855
<b>Hipoclorito sódico (post)</b>	8.000	2	2,955

Tabla 1. 13. Dimensiones de los tanques de reactivos químicos.

## 8.6. Unidad de ósmosis inversa.

Se ha optado por la instalación de dos unidades de ósmosis inversa gemelas de un solo paso, una para cada línea de operación, con una conversión del 42%, obteniéndose una producción de cada una de 9.843,75 m<sup>3</sup>/día, lo que haría un total de 19.687,5 m<sup>3</sup>/día. A continuación se detallan los aspectos generales de la unidad.

### 8.6.1. Membranas y tubos de presión.

Las membranas de ósmosis inversa se instalarán en bastidores metálicos, los cuales serán contruidos por una estructura metálica, sobre ésta se distribuirán los distintos tubos de presión, los cuales irán sujetos de forma que se eviten posibles desplazamientos como

consecuencia de los golpes de ariete que se producen en los arranques de la instalación. Los tubos de presión seleccionados son de la marca “CODELINE” concretamente el modelo 80E30.

Dentro de estos tubos irán colocadas 7 membranas de poliamida aromática, del fabricante “TORAY”, las seleccionadas son de la serie TM800C (TM820C-400), con una capacidad de retención del 99,75%, un área de membrana de 37 m<sup>2</sup> y un caudal de 24,6 m<sup>3</sup>/día, las características de la membrana se recogen en el anexo IV “datos técnicos de los equipos”.

Los bastidores sujetarán además los colectores de alta presión de alimentación y rechazo, y los de baja presión de permeado.

En los puntos altos de la instalación se ha previsto válvulas de purga para la eliminación del aire en los arranques de la instalación. En la parte inferior de los bastidores se han dispuesto canaletas para recoger los goteos de fugas y conducirlos al drenaje general.

En la siguiente tabla se recogen las características de la unidad de ósmosis inversa:

<b>Nº membranas</b>	500 (1.000 en total)
<b>Nº tubos de presión</b>	72 (144 en total)
<b>Caudal de permeado</b>	9.843,75 m <sup>3</sup> /día (19.687,5 m <sup>3</sup> /día en total)
<b>Caudal de salmuera</b>	13.593,75 m <sup>3</sup> /día (27.187,5 m <sup>3</sup> /día en total)
<b>Conversión total</b>	42%
<b>Salinidad producto</b>	213,8 mg/l

Tabla 1. 14. Características de la unidad de ósmosis inversa.

El dimensionamiento y cálculos de la unidad de ósmosis inversa se recogen en el punto 2. de la memoria de cálculo.

### **8.6.2. Bombas de alta presión.**

La instalación presenta unos requerimientos importantes en cuanto a presión y caudal, por lo que se deberá tener cuidado a la hora de la elección de estas bombas. Se instalarán dos bombas en total, una para cada línea de operación, de manera que sean capaces de impulsar un caudal de 976,5625 m<sup>3</sup>/h, y de superar una carga mínima de 626,993442 metros.

Las bombas seleccionadas son suministradas por el fabricante “SULZER”, concretamente será de la serie MC (50 Hz), con un rango de aplicación hasta 180 bares. Se trata de bombas centrífugas multietapas horizontales, partida radialmente, adecuadas para bombear flujos limpios o ligeramente contaminados, calientes o fríos, y químicamente neutros o líquidos agresivos.

El diseño es ideal para:

- Alimentación a calderas de hasta 180°C.
- Servicio de condensado en las centrales eléctricas y plantas industriales.
- Plantas de saladoras por ósmosis inversa.
- Servicios auxiliares en centrales de ciclo combinado y de potencia industrial.

Los cálculos del dimensionamiento y selección de las bombas de alta presión se encuentra en el punto 7.2.2.5. de la memoria de cálculo, y las características de las bombas pueden encontrarse en el anexo IV “datos técnicos de los equipos”.

### **8.6.3. Sistema de recuperación de energía.**

De los tres caudales que intervienen en el proceso de desalación por ósmosis inversa, el caudal de rechazo abandona el bastidor de las membranas casi a la misma presión que entra en él la corriente de alimentación. Esta corriente es una fuente de energía que debemos aprovechar para así disminuir el coste de desalación del agua.

En apartados anteriores hemos resaltado y enumerado los tipos de recuperaciones de energía que se utilizan, entre los cuales las turbina Pelton y los intercambiadores de presión son los más utilizados. En el apartado 3. de la memoria de cálculo se recogen las diferencias fundamentales de cada uno, y lo que es más importante, se realiza una comparación de ambas tecnologías aplicadas al caso de nuestra planta desaladora. De estos estudios comparativos llegamos a la conclusión que la recuperación de energía mediante intercambiadores de presión son los más eficaces, ya que recuperan mayor energía que las turbinas Pelton.

En el punto 6.10.4. de esta memoria descriptiva, se recoge una descripción y el funcionamiento de los intercambiadores de presión. Existen distintos tipos atendiendo al sistema de su funcionamiento:

A. Intercambiadores de presión con cámaras rotativas.

Las cámaras van incorporadas en un rotor, que gira dentro de una carcasa, y entre dos piezas que tienen dos aberturas a lumbreras. Las cámaras del rotor en su giro se enfrentan a estas lumbreras, lo que permite el llenado y vaciado de las mismas, con el agua de alimentación o salmuera, tanto en la fase de alta presión como en la de baja. La rotación del rotor la realiza la misma agua, por lo que no se necesita comandar ninguna válvula ni motor para que funcione.

Existen diferentes modelos según su capacidad, por lo que conectándolos en paralelo se consiguen procesar todo tipo de caudales. Las características de este tipo de recuperadores son:

- No llevan válvulas sino lumbreras.
- Son modulares.
- No hay separación física entre líquidos.
- Se basan en un rotor cerámico.
- No necesitan control por ordenador.
- La lubricación la realiza el propio agua.
- Esta construido con materiales sintéticos resistentes a la corrosión.

B. Intercambiador de presión mediante cámaras toroidales.

Basado en el mismo principio, cuya principal singularidad consiste en que la vena líquida no cambia de sentido, al pasar de la fase de llenado a la de vaciado, tanto en la alta presión como en la baja. Las características más importantes de este sistema son:

- El agua circula siempre en la misma dirección por lo que no se pierde energía cinética en la vena líquida.
- Es un sistema compacto donde las cámaras tienen forma de toro o anillo.
- Existe mezcla de líquidos pues no lleva pistón separador.
- Es muy flexible en cuanto a caudales se refiere.

Ambos sistemas son muy utilizados actualmente, pero el más utilizado es el de cámaras rotativas. Su éxito se basa en la buena transferencia de energía entre salmuera y agua de alimentación, lo que supone una muy alta eficiencia energética del sistema.

En el caso de nuestra planta desaladora vamos a instalar como sistema de recuperación de energía intercambiadores de presión con cámaras rotativas, suministrados por el fabricante “ERI”. El modelo seleccionado es el PX-260, se instalarán 11 intercambiadores por cada línea de operación (22 en total), con un caudal medio por intercambiador de 55 m<sup>3</sup>/h, en el punto 3. De la memoria de cálculo se puede observar el dimensionamiento de los intercambiadores, sus características se muestran a continuación:

- |                                    |                           |
|------------------------------------|---------------------------|
| - Caudal: 50-59 m <sup>3</sup> /h. | - Presión: 20,7-82,7 bar. |
| - Eficiencia: 98%.                 | - Temperatura: 49 °C      |



Figura 1. 43. Intercambiador de presión seleccionado (ERI).

Debemos tener en cuenta que este sistema de recuperación de energía llevará implantada una bomba, denominada bomba booster, la cual se utiliza para llevar el agua de recuperación a la presión necesaria para entrar en las membranas. Para este caso hemos optado por una bomba suministrada por “FLOWSERVE”, concretamente el modelo HPX-H con las siguientes características principales:

- Caudales hasta 1.500 m<sup>3</sup>/h.
- Presiones máximas de trabajo hasta 150 bar.
- Temperatura hasta +450°C.

El dimensionamiento de esta bomba se recoge en el apartado 3. de la memoria de cálculo, y las características pueden encontrarse en el anexo IV “datos técnicos de los equipos”.

#### **8.6.4. Limpieza química.**

Además del funcionamiento de la instalación, problemas derivados de un pretratamiento insuficiente, pueden provocar el ensuciamiento de las membranas. En apartados anteriores hemos hablado sobre esta unidad de limpieza química, y los parámetros que indican la necesidad de limpieza de las membranas. Para la detección de estos parámetros se instalaran en la planta los dispositivos de control adecuado, como por ejemplo, medidores de presión entre la línea de alimentación y línea de salmuera, caudalímetros en la línea de alimentación y agua producto, etc., los cuales veremos en el apartado de control de la planta.

En el caso en el que sea necesario realizar la limpieza de las membranas, se pondrá en marcha el sistema. El cual está formado por el depósito de lavado químico, la bomba de L.Q. y unos filtros de cartuchos para la filtración de la solución a emplear. Los pasos a realizar serian los siguientes:



- A. Disolver en el depósito de L.Q. la solución limpiadora, en nuestro caso usaremos un limpiador de membranas denominado opticlean, de manera que por cada 15 galones de agua se adicione 1 libra de opticlean.
- B. Llevar a cabo la recirculación por lo menos durante una hora.
- C. Dejar en remojo estático la membrana sucia, durante varias horas.
- D. Enjuagar el sistema a baja presión antes de arrancar el sistema.
- E. Desechar el producto y agua del sistema 15-30 minutos después de arrancar el sistema.

En el apartado 9. de la memoria de cálculo se recoge el dimensionamiento del sistema de limpieza química de la planta, el cual dispondrá de los siguientes equipos:

- Depósito de L.Q.

Consistirá en un depósito cilíndrico vertical de fondo plano, suministrado por la empresa “ATERMIC”, de PRFV, con una capacidad de 40.000 litros, y unas dimensiones:

- Diámetro: 3,2 m
- Altura: 5,475 m

- Filtros de cartuchos.

Los filtros de cartuchos serán instalados para que el lavado de las membranas se realice de la forma más óptima posible, de esta forma impediremos que se cuelen sólidos a las membranas a través del sistema de lavado químico.

Los filtros y portafiltros instalados serán del mismo fabricante y modelo que los utilizados en el pretratamiento. De manera que se instalarán 144 filtros instalados en 3 portafiltros, con un caudal de 396 m<sup>3</sup>/h, por cada línea de operación, es decir, tendremos la misma cantidad de filtros para la otra línea de operación.

- Bomba de lavado químico.

Se instalará una bomba de lavado químico capaz de impulsar la solución desde el tanque de L.Q., hasta los módulos de ósmosis inversa, atravesando los filtros mencionados. La bomba instalada impulsará un caudal de 792 m<sup>3</sup>/h y deberá superar una carga mínima de 113,19 metros.

La bomba seleccionada es suministrada por el fabricante “BOMBAS ZEDA”, el modelo en cuestión es de la serie ZJ-ZK, es una bomba centrífuga multicelular con las características que se muestran a continuación, las cuales se recogen también en el anexo IV “datos técnicos de equipos”.

- Caudales hasta 1.500 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 400 metros.
- Presión mínima de prueba 16 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 3.000/3.600 r.p.m.
- Temperatura desde -30°C hasta +105°C.

## **8.7. Bombas.**

A continuación se detallan el resto de bombas que no han sido mencionadas aún.

### **8.7.1. Bombas de impulsión de agua de alimentación.**

Esta bomba será la encargada de suministrar el agua procedente del depósito inicial a los pretratamientos hasta llegar a las bombas de alta presión. Se instalarán dos bombas en la planta, una en cada línea de operación. Estas bombas impulsarán un caudal de 976,5625 m<sup>3</sup>/h y deberá superar una carga mínima de 60,66346 metros.

Las bombas seleccionadas serán suministradas por la empresa “BOMBAS ZEDA”, el modelo en cuestión es de la serie ZS-ZSR, se trata de una bomba centrífuga monocelular con las siguientes características:

- Caudales hasta 5.000 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 85 metros.
- Presión mínima de prueba 6 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 1.450 r.p.m.
- Temperatura desde -30°C hasta +105°C.

Los cálculos del dimensionamiento de las bombas puede observarse en el apartado 7.2.2.2. de la memoria de cálculo.

#### **8.7.2. Bomba de impulsión de permeado.**

El agua desalada que sale de los bastidores que constituye el permeado deberá ser conducida al tanque de almacenamiento de agua producto, para ello se utilizará esta bomba. Se instalará una sola bomba con capacidad suficiente para impulsar el caudal de ambas líneas de operación a los depósitos de agua producto, deberá ser capaz de impulsar un caudal de 820,3125 m<sup>3</sup>/h y superar una carga mínima de 10,863 metros.

La bomba seleccionada es suministrada por el fabricante “BOMBAS ZEDA”, el modelo seleccionado es de la serie ZS-ZSR, se trata de una bomba monocelular con las características siguientes:

- Caudales hasta 5.000 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 85 metros.
- Presión mínima de prueba 6 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 1.450 r.p.m.
- Temperatura desde -30°C hasta +105°C.

Los cálculos referentes a esta bomba se recogen en el apartado 7.2.2.2. de la memoria de cálculo.

### **8.7.3. Bomba de impulsión de agua producto.**

El agua desalada obtenida en la planta desaladora será almacenada en los depósitos de almacenamiento de agua producto, a partir de aquí será abastecida para el consumo público a la red de distribución, impulsando un caudal de 820,3125 m<sup>3</sup>/h y soportando una carga mínima de 59,105 metros. En este caso se instalará una bomba suministrada por el fabricante “BOMBAS ZEDA”, de la serie ZS-ZSR, una bomba centrífuga monocelular con las siguientes características:

- Caudales hasta 5.000 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 85 metros.
- Presión mínima de prueba 6 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 1.450 r.p.m.
- Temperatura desde -30°C hasta +105°C.

Los cálculos referentes a esta bomba se recogen en el apartado 7.2.2.2. de la memoria de cálculo.

### **8.7.4. Bomba de impulsión de salmuera.**

Esta bomba será la encargada de impulsar la salmuera a través de un emisario submarino, que constará en una conducción de PRFV hasta llegar a una zona donde el impacto ambiental no repercuta de manera muy negativa.

Se instalará una bomba capaz de impulsar la salmuera procedente de ambas líneas de operación, de modo que tendrán que soportar un caudal de 1.132,8125 m<sup>3</sup>/h y realizar una carga mínima de 16,241 metros. La bomba seleccionada será suministrada por el fabricante “BOMBAS ZEDA”, de la serie ZS-ZSR, una bomba centrífuga monocelular con las siguientes características:

- Caudales hasta 5.000 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 85 metros.

- Presión mínima de prueba 6 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 1.450 r.p.m.
- Temperatura desde -30°C hasta +105°C.

Los cálculos referentes a esta bomba se recogen en el apartado 7.2.2.2. de la memoria de cálculo.

#### 8.7.5. Bombas dosificadoras.

Estas bombas serán las encargadas de la dosificación de los reactivos a la línea de operación. Los caudales que serán dosificados se recogen en la siguiente tabla:

PRODUCTO	CAUDAL
	L/h
Hipoclorito sódico (pret.)	39
Ácido sulfúrico	21,23
Bisulfito sódico	14,26
Antiincrustante	0,97
Hidróxido cálcico	70,32
Hipoclorito sódico (post)	16,4

Tabla 1. 15. Caudales de dosificación de reactivos.

Las bombas se han seleccionado según el caudal que debe dosificar cada reactivo, de manera que hemos seleccionado las bombas del suministrador “LEWA”, de la serie ECODOS.

Son bombas de diafragma, cuyas características de las bombas seleccionadas se muestran a continuación:

CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS SELECCIONADAS			
Type/ Flow rate eff. (Qmax at pmax) (l/h)	Stroke frequency at 50 Hz (min -1)	Performance, simplex pump (Kw)	Approx. weight (simplex incl. motor) (kg)
2	27	0,18	15
25	80	0,18	15
50	160	0,25	15
90	80	0,37	23

Tabla 1. 16. Características bombas dosificadoras (www.lewa.com).

De las recogidas en la tabla anterior, se instalarán dos del primer tipo, seis del segundo, dos del tercero y dos del cuarto, de manera que serán instaladas dos por cada depósito de reactivo, ya que las tuberías de salida de estos depósitos se bifurcan de manera que se suministren a ambas líneas de operación.

### 8.8. Agitadores.

Estos equipos se utilizarán para llevar a cabo la homogeneización del hidróxido cálcico y de la solución limpiante opticlean, ya que al ser sólidos deben diluirse en sus respectivos tanques para su posterior adición. Esto dependerá del volumen del depósito que tengan que mover, los cuales son para el hidróxido cálcico 35 m<sup>3</sup> y para el depósito de lavado químico 40 m<sup>3</sup>.

Los agitadores seleccionados son suministrados por la empresa “FLUIDMIX”, concretamente de la serie HPS3, se trata de un mezclador de entrada lateral que abarca volúmenes desde 10 a 100 m<sup>3</sup>. De todos los disponibles en la serie el elegido final para ambos casos es el HPS3-08 17 B 04, ya que es el que mejor se adapta según los volúmenes de sus tanques como hemos dicho.



Figura 1. 44. Agitadores seleccionados ([www.fluidmix.es](http://www.fluidmix.es)).

Sus características pueden encontrarse en el anexo IV “datos técnicos de los equipos” y la justificación de su elección en el punto 8.2. de la memoria de cálculo.

#### **8.9. Mezcladores estáticos.**

Es importante para mejorar la eficacia del proceso global de desalación que los productos químicos usados en el pretratamiento se mezclen bien en la corriente de agua, para ello se suele disponer de mezcladores estáticos tras la inyección de los mismos. En este caso hemos seleccionado unos suministrados por el fabricante “SULZER” de la serie CompaX, los cuales llevan aplicados una nueva tecnología.

El diseño de este equipo consiste en un dispositivo de eficiencia de mezcla alta con el punto de dosificación integrado, el aditivo es introducido en la zona donde se genera el flujo turbulento, asegurando así una mezcla homogénea con un solo elemento de corta longitud. Lejos del metro mínimo de longitud que presentan los mezcladores convencionales.

Las características siguientes hacen que este mezclador sea una solución ventajosa y eficiente:

- Distancia necesaria para la mezcla muy corta.

- Independiente del cociente de viscosidades que se mezcla, se alcanza una mezcla homogénea una distancia aguas abajo del mezclador igual a tres diámetros de la tubería.
- Pérdida de presión baja (10-100 mbar).
- Longitud extremadamente corta ( $0,3 \cdot D_{\text{tubería}}$ ).
- Facilidad y bajo coste de instalación.
- Dosificación simple del reactivo.
- Construcción robusta y sin partes móviles.
- Fácil de limpiar.
- Excelente relación precio/funcionamiento.

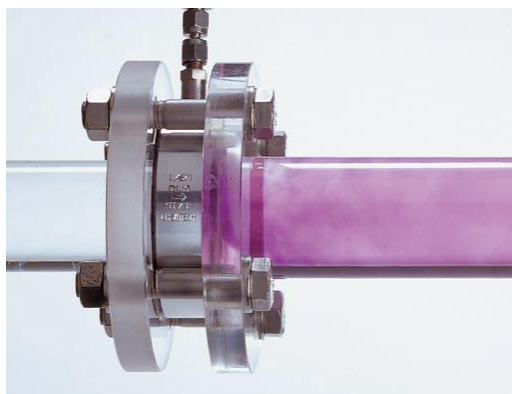


Figura 1. 45. Mezclador estático CompaX ([www.sulzer.com](http://www.sulzer.com)).

Se instalarán seis mezcladores en cada línea de operación (12 en total), concretamente justo en los tramos de tuberías donde se lleve a cabo la dosificación del reactivo químico. El cálculo del dimensionamiento de estos mezcladores estáticos se encuentra recogido en el apartado 8.1. de la memoria de cálculo, y sus características en el anexo IV “datos técnicos de los equipos”.



#### 8.10. Válvulas reductoras de presión.

A la salida de la salmuera de los bastidores de la ósmosis, va dirigida hacia los intercambiadores de presión para su recuperación de energía en condiciones normales de operación. Pero puede darse el caso (y es muy probable), de que por razones de mantenimiento o de avería los intercambiadores de presión no se encuentren funcionando, de manera que la salmuera será inyectada al mar de forma directa, el problema radica en que para reducir costes la tubería que se interna en el mar es de PRFV, la cual no es capaz de soportar las altas presión a las que sale la salmuera de los bastidores de ósmosis, por esta razón se ha instalado unas válvulas reductoras de presión.

Las seleccionadas serán suministradas por el fabricante “MISTRAL ROSS”, el modelo elegido es el 40 WR, se trata de una válvula modulante pilotada que se instala en la red para regular la presión aguas abajo a un valor menos regulado y constante.

Se instalarán dos válvulas de manera que se colocarán en el bypass de salida de los bastidores de ósmosis de la salmuera. Estas válvulas según el fabricante necesitan de unos filtros justo antes de la entrada en ella, los filtros seleccionados serán del mismo fabricante, concretamente el modelo ROSS 10A, el cual es recomendado por dicho fabricante, colocándose de la misma manera dos justo antes de la válvula de reductora de presión, como puede observarse en la siguiente figura.

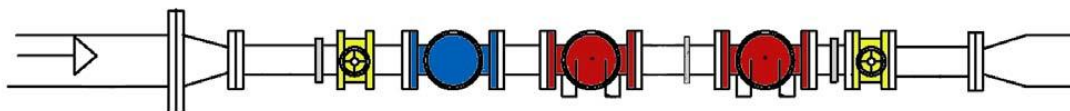


Figura 1. 46. Esquema de instalación de una válvula reductora de presión  
([www.valvularross.com](http://www.valvularross.com)).

Este filtro se encargará de proteger la tubería y las válvulas de objetos ajenos dañinos, cuyo tamiz está compuesto de forma cilíndrica con perforaciones de acero inoxidable, localizado en la parte superior del filtro. El agua entra por la parte de debajo de la malla cilíndrica y pasa a través de las paredes del cilindro, aquellos objetos que no pueden

pasar a través de los agujeros de la malla no pasan a través del cilindro, donde si no hay turbulencia se depositan en el fondo.

#### **8.11. Postratamientos.**

Tras la desalación en los bastidores, el agua producto no tiene la calidad de agua potable que recoge el Real Decreto 140/2003, de manera que es necesario realizar un postratamiento, en nuestro caso básico, para la adecuación del agua a lo que recoge la normativa mencionada.

Los postratamientos se diseñan en función del fin último del agua desalada, de modo que para nuestro caso debemos tener en cuenta que dicha agua tiene como fin el abastecimiento público.

Estos tratamientos persiguen una remineralización del agua desalada que conlleva el beneficio asociado del reajuste del pH, y una cloración con el objetivo de la desinfección.

##### **8.11.1. Dosificación de hidróxido cálcico (remineralización).**

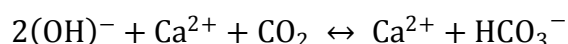
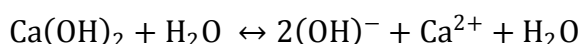
En las plantas de ósmosis inversa se reducen más del 90% del contenido en sales, en nuestro caso la membrana tiene un rechazo del 99,75%, este permeado final que se produce tiene una baja concentración de iones y un pH bajo.

De manera que se lleve al agua a las condiciones tecnicosanitarias de la normativa vigente, se realizará una dosificación de lechada de hidróxido cálcico ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), éste se adicionará en forma de lechada al 10% de concentración, preparada a partir del producto sólido procurado por el distribuidor.

La cantidad a dosificar se obtiene de la abundancia de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  presentes en el permeado, añadiendo la cal hasta conseguir el valor de dureza de 150 ppm de

$\text{CaCO}_3$ , estipulado en la normativa vigente. En el apartado 5.2.1. de la memoria de cálculo encontramos los cálculos necesarios en la dosificación de este reactivo, en los cuales se llega a la conclusión de que la cantidad a inyectar es de  $1,54 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $64,1 \text{ l/h}$ ).

El problema de la adición de esta lechada es que si no se adiciona correctamente puede subir el pH, ya que las reacciones que se darán son:



Para que no suba el pH la concentración de  $\text{CO}_2$  en el agua debe ser alta para que el equilibrio se desplace a la derecha y así sea mínima la cantidad de grupos  $\text{OH}^-$  libres. En base a esto el lugar de la dosificación será tras los bastidores de la ósmosis antes de los depósitos de agua producto, ya que en la caída al tanque de agua producto se puede reducir la concentración de  $\text{CO}_2$  en el agua. Aún así, en el momento en que la planta se encuentre en funcionamiento se realizarán estudios de la calidad del agua para ver si es adecuada y si fuese necesario se plantearía la opción de instalar una unidad de adición de  $\text{CO}_2$ .

#### **8.11.2. Dosificación de hipoclorito sódico (desinfección).**

El agua producto será almacenada en depósitos y distribuida a través de tuberías, de modo que corre el riesgo de contaminarse, por lo tanto, al ser su destino el consumo humano es de lógica la realización de un tratamiento de desinfección.

Esta desinfección es distinta a la del pretratamiento, ya que la normativa sanitaria exige la presencia de cloro residual en la red.

En nuestro caso al ser la técnica más barata y extendida realizaremos esta desinfección mediante la dosificación de hipoclorito sódico ( $\text{NaOCl}$ ). Los cálculos que recogen la

dosificación de hipoclorito se encuentran en el punto 5.2.2. de la memoria de cálculo, donde observamos que la dosis a suministrar es de  $0,394 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $16,4 \text{ l/h}$ ).

La inyección se localizará en el permeado que sale de los bastidores de ósmosis, justo después de la adición de hidróxido cálcico y antes de los depósitos de almacenamiento de agua producto.

#### **8.12. Sistema hidráulico.**

Las tuberías de la instalación deben permitir el transporte del agua desde el punto de captación hasta los bastidores, así como de los dos flujos que se originan tras el proceso, el producto hasta el depósito de almacenamiento y la salmuera al punto de vertido, además de la distribución y dosificación de agua de servicio y reactivos químicos respectivamente.

##### **A. Tuberías a baja presión.**

Las tuberías de baja presión abarcan la mayoría de las instaladas en la planta desaladora, se ha optado por utilizar tuberías de PRFV (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio), debido a las siguientes características:

- Larga vida útil.
- Resistencia a la corrosión (no necesitan medios de protección contra la corrosión).
- Bajos costes de mantenimiento.
- Propiedades hidráulicas que se mantienen constantes en el tiempo.
- Coste muy bajo.

El cálculo hidráulico de los tramos de tuberías a baja presión se recogen en el apartado 7.1.1. de la memoria de cálculo. Las tuberías seleccionadas serán suministradas por la empresa “PETROFISA”, cuyas características se recogen en el anexo IV “datos técnicos de los equipos”. En la siguiente tabla observamos las tuberías implicadas:

TRAMO DE TUBERIA	$Q_{TUB}$ (m <sup>3</sup> /s)	$V_{FLUIDO}$ (m/s)	$D_{int}$ (mm)	e (mm)	LONGITUD (m)
AM-200-10-PRFV-1	0,06782	1,889	213,8	4,1	8,5
AM-200-10-PRFV-2	0,06782	1,889	213,8	4,1	1,5
AM-500-10-PRFV-3	0,5425	2,66	510	11	49
AM-350-10-PRFV-4	0,2713	2,62	363	7,5	21
AM-200-10-PRFV-5	0,06782	1,889	213,8	4,1	3,5
AM/AF-350-10-PRFV-6	0,2713	2,62	363	7,5	28
AF-200-10-PRFV-7	0,0552	1,54	213,8	4,1	3,5
AF-200-10-PRFV-8	0,06782	1,889	213,8	4,1	6,1
AF-150-10-PRFV-9	0,0452	2,14	163,8	3,1	1
AF-350-10-PRFV-10	0,2713	2,62	363	7,5	2,72
AF-150-10-PRFV-11	0,0452	2,14	163,8	3,1	1
AF-350-10-PRFV-12	0,2713	2,62	363	7,5	11
AP-40-10-PVC-13	0,00158	0,322	72,2	1,9	0,25
AP-150-10-PRFV-14	0,02848	1,35	163,8	3,1	4,5
AP-250-10-PRFV-15	0,11393	2,14	260,6	5,7	12,5
AP-350-10-PRFV-16	0,22786	2,2	363	7,5	6,5
AP-350-10-PRFV-17	0,22	2,13	363	7,5	24
ALQ-350-10-PRFV-18	0,22	2,13	363	7,5	4
ALQ-250-10-PRFV-19	0,11393	2,06	260,6	5,7	4,5
ALQ-250-10-PRFV-20	0,11393	2,06	260,6	5,7	2,72
ALQ-150-10-PRFV-21	0,03797	1,79	163,8	3,1	1
ALQ-150-10-PRFV-22	0,03797	1,79	163,8	3,1	1
ALQ-250-10-PRFV-23	0,11393	2,06	260,6	5,7	6,5
ALQ-250-10-PRFV-24	0,11393	2,06	260,6	5,7	0,5
APR-350-10-PRFV-25	0,22786	2,2	363	7,5	49,5
APR-350-10-PRFV-26	0,22786	2,2	363	7,5	1.515
AF-300-10-PRFV-27	0,1573	2,04	313	6,5	11

<b>AF-50-10-PVC-28</b>	0,0143	1,37	115,2	2,4	0,25
<b>AF-50-10-PVC-29</b>	0,0143	1,37	115,2	2,4	0,25
<b>AR-300-10-PRFV-30</b>	0,1573	2,04	313	6,5	20
<b>AR-400-10-PRFV-31</b>	0,31467	2,36	412	8,5	700
<b>AR-300-10-PRFV-32</b>	0,1573	2,04	313	6,5	52

Tabla 1. 17. Tramos de tuberías a baja presión.

En esta tabla podemos observar que tenemos tuberías de PVC, y es que tenemos algunos tramos donde el diámetro calculado no supera el diámetro mínimo de fabricación en tuberías de PRFV, de modo que se utilizarán de PVC, suministradas por el fabricante “PLOMYPLAS”, cuyas características se recogen en el anexo IV “datos técnicos de los equipos”.

Los tramos de tubería de dosificación de reactivos podrían considerarse a baja presión pero no se utilizará PRFV, utilizándose en tal caso PEBD (Polietileno de Baja Densidad) en todos ellos, excepto el referente al ácido sulfúrico, para el que usaremos PEAD (Polietileno de Alta Densidad), como medida preventiva debido al poder corrosivo de este ácido, estas tuberías serán suministradas por AIQSA, cuyas características pueden observarse en el anexo IV “datos técnicos de los equipos”, y el punto 7.1.3. de la memoria de cálculo recoge el dimensionamiento de estas tuberías.

En la siguiente tabla se recogen estos tramos de tuberías de dosificación:

<b>TRAMO DE TUBERIA</b>	<b>Q<sub>TUB</sub> (m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>V<sub>FLUIDO</sub> (m/s)</b>	<b>D<sub>int</sub> (mm)</b>	<b>e (mm)</b>	<b>LONGITUD (m)</b>
<b>DHS-10-16-PEBD-45</b>	0,039	0,3375	6,4	1,8	3
<b>DAS-10-16-PEAD-46</b>	0,02123	0,1843	6,4	1,8	3
<b>DBS-10-16-PEBD-47</b>	0,01426	0,12375	6,4	1,8	3,72
<b>DA-10-16-PEBD-48</b>	0,00097	0,0084	6,4	1,8	3,72
<b>DHS-10-16-PEBD-49</b>	0,01642	0,1425	6,4	1,8	3
<b>DHC-10-16-PEBD-50</b>	0,0703	0,6106	6,4	1,8	3

Tabla 1. 18. Tramos de tuberías de reactivos químicos.

### B. Tuberías a alta presión.

Las tuberías de alta presión, como su propio nombre indica, impulsan el fluido a alta presión por lo que utilizaremos un material resistente a altas presiones, como es el acero. Dentro de la gran gama de aceros existentes, nos decantaremos por el acero 316L, el cual tiene unas características idóneas mecánicamente, y lo más importante, es inoxidable, lo que es necesario en nuestro caso.

El cálculo hidráulico de estos tramos se recoge en el apartado 7.1.2. de la memoria de cálculo, las tuberías elegidas son suministradas por el fabricante “ACEQUISA”, cuyas características se encuentran en el anexo IV “datos técnicos de los equipos”. En la siguiente tabla se recogen los tramos implicados:

TRAMO DE TUBERIA	Q <sub>TUB</sub> (m <sup>3</sup> /s)	V <sub>FLUIDO</sub> (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	e (mm)	LONGITUD (m)
AF-350-sch40-316L-33	0,2713	2,3	387,34	9,53	10
AF-250-sch40-316L-34	0,1356	2,66	254,56	9,27	4,5
AF-50-sch40-316L-35	0,00377	1,74	52,48	3,91	0,25
AR-40-sch40-316L-36	0,002185	1,66	40,94	3,68	0,25
AR-200-sch40-316L-37	0,07867	2,44	202,74	8,18	4,5
AR-300-sch40-316L-38	0,1573	2,16	304,74	9,53	27,4
AR-80-sch40-316L-39	0,0143	2,99	77,92	5,49	0,25
AF-80-sch40-316L-40	0,0143	2,99	77,92	5,49	0,25
AF-300-sch40-316L-41	0,1573	2,16	304,74	9,53	7,5
AF-300-sch40-316L-42	0,1573	2,16	304,74	9,53	4
AR-300-sch40-316L-43	0,1573	2,16	304,74	9,53	6,4
AR-300-sch40-316L-44	0,1573	2,16	304,74	9,53	12,72

Tabla 1. 19. Tramos de tuberías a alta presión.

El cálculo de las pérdidas de carga tanto de los tramos de tuberías a baja presión como de los tramos a alta presión se recogen en el apartado 7.2. de la memoria de cálculo, donde se calculan las pérdidas de carga lineales (propias de las tuberías en sí) y las pérdidas de carga singulares (las que se producen debido a los accesorios implantados en las tuberías).

## **9. VIABILIDAD**

### **9.1. Viabilidad técnica.**

En el apartado 5.4. de esta memoria descriptiva se realiza una clasificación de las técnicas existentes de desalación actualmente, donde se recogen los aspectos fundamentales de cada una de ellas. Finalmente tras la comparación de todos ellos, llegamos a la conclusión que es más eficaz en nuestro caso según las características mencionadas la tecnología de ósmosis inversa.

Respecto a las membranas y su configuración usada, no resta credibilidad al proceso pues en el estudio de selección de ambas se demostró que eran las elecciones adecuadas.

Hoy en día la viabilidad de la desalación por ósmosis inversa está más que demostrada y asumida, hay infinidad de plantas desaladoras de agua de mar funcionando con las mismas o similares características a la diseñada en el presente proyecto.

Otro factor que da credibilidad al proyecto es el hecho de que todos los equipos instalados están garantizados y disponibles comercialmente, de forma que se asegura que la planta es capaz de operar en continuo bajo las especificaciones indicadas en este proyecto.



### **9.2. Viabilidad legal.**

El agua producto contiene una cantidad de sólidos disueltos de 213,8 mg/l, por lo tanto, cumple con las condiciones establecidas en el Real Decreto 140/2003 de 7 de Febrero donde se establecen los criterios técnico sanitarios del agua para consumo humano.

Además, la planta cumple con todos los requisitos legales actuales, tanto en materia de seguridad como medioambiental.

### **9.3. Viabilidad económica.**

El coste total de la planta englobando costes directos e indirectos será la inversión en capital fijo necesario para la puesta en marcha de la planta desaladora ascenderá a un total de 4.469.101,19 €.

La planta desaladora que se recoge en este proyecto producirá un caudal de 19.687,5 m<sup>3</sup>/día, es decir, estipulando un tiempo de operación de 330 días al año, abastecerá un caudal de 6.496.875 m<sup>3</sup>/año.

El precio del agua desalada se marcará en 0,7574314 €/m<sup>3</sup>, lo que originará unos ingresos por su venta de 4.920.937,127 €/año, de restar a estos ingresos los costes de operación resultará un beneficio bruto anual de 641.861,3645 €/año, como podemos apreciar la planta desaladora es viable económicamente.

### **9.4. Viabilidad medioambiental.**

En el punto 11. de esta memoria descriptiva se recoge el impacto medioambiental de la planta desaladora, donde se realiza un análisis de los distintos impactos y sus posibles soluciones y que se han tenido en cuenta a la hora de dimensionar la planta en cuestión.

Par a la localización de la planta, se ha tenido en cuenta además de una situación que favorezca el abastecimiento de ambas poblaciones, la facilidad de acceso a la zona y la disponibilidad de un terreno próximo a la costa. Referente al vertido de salmuera, se ha tenido en cuenta las posibles colonias de posidonia oceánica que puedan estar presentes, de manera que el emisario submarino estará ubicado a varios cientos de metros hacia el interior, y en una zona de corrientes donde la dilución de la salmuera será favorable.

Según el tamaño de la planta dimensionada en este proyecto se ha tenido en cuenta la alternativa de la instalación de energías renovables, pero al ser una planta desaladora de tamaño medio no es viable económicamente, por lo que utilizaremos energía eléctrica en sus procesos.

Para el caso del impacto del ruido se llevarán a cabo estudios, una vez puesta en marcha la planta, para las posibles medidas frente a este impacto, algunos de los cuales pueden ser el aislamiento de los motores de las bombas o la insonorización de las naves.

Según el ámbito social, la planta desaladora creará algunos puestos de trabajos tanto directos como indirectos, y referente a la higiene pública no tiene repercusión alguna.

De este modo, podemos afirmar que la planta desaladora del actual proyecto tiene viabilidad medioambiental, al no exceder ningún impacto que pueda afectar al medio o a los habitantes de zonas cercanas.

## **10. MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DESALADORA.**

### **10.1. Introducción.**

Se puede definir el mantenimiento como el conjunto de operaciones encaminadas a conseguir un funcionamiento y duración óptimos de la planta y garantizar la calidad del agua producida. El mantenimiento se realiza en cada uno de los procesos unitarios del tratamiento (retratamiento físico-químico, sistemas de filtración, equipos de dosificación, válvulas y otros equipos de regulación, sistema eléctrico, etc.).

Actualmente, es necesario en una industria competitiva el correcto funcionamiento de los equipos de producción, así como obtener de ellos la mayor disponibilidad, de manera que el mantenimiento industrial ha tenido una gran evolución en las últimas décadas, pasando de un mantenimiento estático (a la espera de la avería y su posterior corrección) a un mantenimiento dinámico (realizando medidas antes de que aparezca la avería), con la finalidad de anteponerse a los fallos en una etapa incipiente e incluso llegar a determinar la causa del problema y así erradicarla.

Debido a esta evolución, disponemos de técnicas de verificación del estado de los equipos e instalaciones, contribuyendo de manera notable a la disponibilidad de los equipos con una calidad de servicio óptima, y además, permitiendo una disminución en los costes productivos.

## **10.2. Tipos de mantenimiento.**

Hoy por hoy no es justificable pensar que toda una planta debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento, ya que cada equipo ocupa una posición distinta en el proceso industrial, y tienen unas características propias que los hace distintos a los demás, incluso de equipos similares.

Debemos tener en cuenta a la hora de la elección de un tipo de mantenimiento una serie de factores, como el coste de una parada de producción, su influencia en la seguridad, el coste de una reparación, etc., determinando así las tareas de mantenimiento más convenientes para cada equipo.

Podemos establecer diversas clasificaciones del mantenimiento, la más común es la siguiente:

- Mantenimiento correctivo: también llamado “a rotura”, la reparación o sustitución del equipo se lleva a cabo una vez producida la avería. Este tipo de mantenimiento no requiere de ningún tipo de planificación sistemática. Son

embargo, decantarse por este tipo de mantenimiento se traduce en asumir algunos inconvenientes respecto de los equipos afectados, como por ejemplo:

- Se pueden producir trastornos en la producción, debido a la aparición de las averías, las cuales se producen de forma imprevista.
  - La reparación del equipo suele ser costosa, ya que este tipo de averías suelen ser graves.
  - Debido a que las averías son inoportunas, su reparación suele llevar más tiempo del previsto, ya sea por la falta del personal en el momento de la avería o por falta de repuestos necesarios.
  - Al ser averías inesperadas pueden llevar a un siniestro, lo cual puede tener consecuencias muy negativas para la seguridad del personal o de las instalaciones.
- Mantenimiento preventivo: con este tipo de mantenimiento se pretende disminuir o evitar en cierta medida la reparación de una avería, a través de una rutina de controles periódicos y la sustitución o reparación de elementos en malas condiciones. Lo que se conoce como “las tres R del mantenimiento”, evitar la Reparación mediante una Rutina de inspecciones y Renovar los elementos deteriorados.

En este tipo de mantenimiento hay que tener muy en cuenta la elección del período de inspección, ya que un período demasiado largo puede llevar a la aparición de fallos entre dos inspecciones consecutivas, y en un período demasiado corto puede encarecer de manera considerable la producción. Hay que encontrar un equilibrio entre los costes procedentes de las inspecciones y los derivados de las averías imprevistas.

La principal desventaja que supone la implantación únicamente de este tipo de mantenimiento en la planta es el coste de las inspecciones. El desmontaje y revisión de un equipo que se encuentra funcionando correctamente o sustituir elementos que no están en mal estado, parece innecesario. Además, sea cual sea el período de inspección fijado no elimina la posibilidad de que puedan aparecer averías imprevistas.

- Mantenimiento predictivo: se le conoce como “mantenimiento según estado o condición”, este mantenimiento está orientado a reducir los costes de los dos métodos anteriores. Se basa en conocer el estado de los equipos, de modo que, es posible llevar a cabo la sustitución de los elementos cuando realmente no estén en condiciones óptimas para el funcionamiento, así se eliminan las paradas por inspecciones innecesarias, e incluso se evitan averías imprevistas, a través de la detección de cualquier anomalía funcional y el seguimiento de su posible evolución.

Este tipo de mantenimiento tiene dos pilares fundamentales:

- o La existencia de parámetros funcionales indicadores del estado del equipo.
  - o La vigilancia continua de los equipos.
- 
- Mantenimiento Productivo Total (MPT): con este mantenimiento se intenta recoger y aplicar las tendencias más recientes en cuanto a la planificación participativa integral de todas las tareas de mantenimiento, incluyendo las técnicas utilizadas y su gestión, la administración del mantenimiento, el control de los distintos índices asociados al funcionamiento de los equipos y al conjunto de las instalaciones (fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad), la calidad de la producción y finalmente, su repercusión en la economía de la empresa.  
Por tanto, esta filosofía de mantenimiento implica a todos los estamentos y niveles de la producción, con una estructura de planificación jerárquica que, partiendo de los objetivos últimos de la explotación, vaya desglosándose en tareas concretas hasta llegar al operador y a las actuaciones específicas sobre cada equipo y componente de las instalaciones.  
Mediante el MTP, ninguno de los tipos anteriores se utilizan de forma exclusiva sino que, en aras de la rentabilidad de la explotación, se impone practicar una adecuada combinación de los tipos anteriores, realizando lo que se ha venido a llamar “mantenimiento planificado”.

### **10.3. Funciones del mantenimiento.**

Una vez se haya construido la planta desaladora, se tendrán en cuenta los aspectos generales de mantenimiento de todos y cada uno de los equipos instalados, con el fin de procurar el correcto funcionamiento de éstos, el alargamiento de sus vidas y la minimización de las pérdidas y daños ocasionados por la ineficiencia del mantenimiento.

Las funciones básicas que se van a tener en cuenta en la planta serán:

- Mantener a los equipos en unas condiciones óptimas de operación.
- Realizar una inspección del estado de los equipos y su disponibilidad.
- Llevar a cabo estudios de manera que se reduzca el número de averías imprevistas.
- Prever los repuestos necesarios en almacén, según datos históricos.
- Intervenir en los proyectos y tareas de modificación del diseño de equipos e instalaciones.
- Instalar nuevos equipos.
- Asesorar a los mandos de producción.
- Velar por el correcto suministro y distribución de energía.
- Realizar un seguimiento de los costes de mantenimiento.
- Tener una correcta gestión del almacén.
- Tareas de vigilancia.
- Disponer de una adecuada gestión de residuos y desechos.
- Establecimiento y administración del servicio de limpieza.
- Proveer el adecuado equipamiento al personal de la instalación.

El mantenimiento de la planta, como cabe esperar, comenzará antes de su puesta en marcha, a través de una inspección y pruebas de los diferentes equipos, y su posterior informe. Una vez la planta esté en marcha, el mantenimiento se planificará atendiendo a las componentes correctiva, preventiva y predictiva.

#### **10.4. Plan de mantenimiento de la planta desaladora.**

##### **10.4.1. Análisis inicial.**

En el momento de implantar un plan de mantenimiento, es necesario llevar a cabo un análisis minucioso de todos los detalles que implica la elección del tipo de mantenimiento, de manera que se logren resultados satisfactorios en cada uno de los equipos.

Se realizará una base de datos, donde se incluyan las fichas técnicas para cada equipo (especificaciones de diseño, datos descriptivos, sistemas auxiliares, instrumentación, etc.), así si hay algún tipo de cambio en el seguimiento predictivo, se podrá actualizar la base de datos.

##### **10.4.2. Selección de los equipos.**

El primer escalón que nos encontramos a la hora de realizar un análisis de equipos, es elaborar una lista ordenada, donde se distingan los distintos niveles de la planta.

Antes de realizar el plan de mantenimiento, debemos decidir que equipos entrarán en dicho plan, de manera que se clasificarán según su implicación operacional y económica.

De modo que, se puede establecer una clasificación entre los diferentes equipos de la planta, atendiendo a su efecto sobre el proceso productivo, con el objetivo de establecer una prioridad entre ellos, a través de las siguientes observaciones:

- A. Equipos esenciales para la producción, cuyo fallo provoca una parada o la pérdida inmediata de la producción, o afectan seriamente a las condiciones de seguridad de la instalación, en nuestro caso se referirá a las bombas de alta presión y a las unidades de ósmosis inversa (siendo éstas las unidades principales de la planta).

- B. Equipos importantes para la producción, donde su fallo no provoca efectos inmediatos en la producción, pero si el fallo persiste sus efectos si podrían resultar perjudiciales para la producción o para la seguridad de la instalación, para este caso los equipos que podrían estar dentro de esta categoría son:
- Filtros de arena y de cartucho.
  - Intercambiadores de presión.
  - Bombas de baja presión.
  - Depósitos.
- C. Equipos que son indispensables para la producción, donde su fallo no afectaría de manera considerable a la producción o seguridad de la planta, en esta categoría estarán el resto de los equipos.

#### **10.4.3. Mantenimiento.**

De manera que alcancemos un funcionamiento óptimo de la instalación, debemos conseguir un equilibrio entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento predictivo, lo cual constituye un mantenimiento planificado (siempre sin descartar el mantenimiento correctivo en algunos casos).

Así que, el mantenimiento predictivo se aplicará a todos los equipos del sistema de producción, entre algunas tareas de mantenimiento a realizar estarán:

- Inspección de la tornillería y soldaduras de los equipos.
- Revisión de la estanqueidad de todas las unidades del proceso.
- Revisión de las posibles vibraciones y/o ruidos anormales de los equipos.
- Revisión de los niveles normales de operación de todas las unidades.



El mantenimiento preventivo se aplicará, dividiéndose en tres grupos:

- Mantenimiento preventivo programado: se realizará una serie de ajustes, comprobaciones, inspecciones y sustituciones periódicas de componentes de los equipos. Algunas de las tareas programados son:
  - o Engrase de rodamientos (ejes de motor, bombas, etc.).
  - o Cambios de aceite en los equipos que necesitan lubricación.
  - o Revisión y calibrado de sensores.
  - o Revisión de los equipos de emergencia y evacuación.
- Mantenimiento preventivo en paradas: en aquellos equipos donde se haya detectado un deterioro incipiente que requiere una inspección en detalle. Algunas tareas a realizar serán:
  - o Limpieza del interior de las unidades.
  - o Sustitución de los elementos estancos de gomas de las válvulas.
  - o Limpieza del depósito inicial y de los de agua producto.
  - o Limpieza de tuberías.
  - o Limpieza de los intercambiadores de presión.
  - o Sustitución de los elementos en mal estado.
- Mantenimiento preventivo legal: no se basa en razones técnicas sino en la reglamentación vigente, como por ejemplo las inspecciones de los extintores del sistema contra incendios.

#### **10.4.4. Lavado de membranas.**

En apartados anteriores hemos comentados el lavado de las membranas, haciendo hincapié en el procedimiento a realizar, el reactivo que vamos a utilizar y las condiciones que deben darse para la puesta en marcha del lavado químico. Estas condiciones se dan cuando la estación desaladora desciende de unos límites determinados, en este momento debe procederse a la limpieza inmediata de las membranas.

La limpieza química de las membranas no puede considerarse como procedimiento alternativo a un inadecuado pretratamiento, pues al aumentar la frecuencia de las limpiezas la membrana se acelera su deterioro y se reduce consecuentemente su vida media.

Además de realizar la limpieza cuando las condiciones de operación lo requieran, se realizarán limpiezas periódicas programadas.

En el apartado 6.8. de esta memoria descriptiva se recogen los aspectos generales del lavado químico y en el punto 8.6.4. se encuentran las consideraciones del sistema de lavado químico instalado en la planta desaladora. Como en estos puntos se recogen los detalles del lavado de las membranas no vamos a hacer referencia en este apartado.

#### **10.4.5. Costes de mantenimiento.**

Los gastos que se recogerán en el plan de mantenimiento de la planta desaladora vendrán dados por los siguientes puntos:

- Coste de la instrumentación, instalaciones y equipamiento necesarios.
- Coste de las modificaciones de los equipos.
- Coste del personal encargado de ejecutar el plan.
- Preparación y adiestramiento del personal encargado de ejecutar el plan.
- Coste del mantenimiento del plan.

## 11. **BIBLIOGRAFÍA.**

- [1] CIRCE y Universidad de Zaragoza (2001); “La desalación como alternativa al PHN”.
- [2] González Pérez, Mari Cruz; “Análisis comparativo de permeadores en plantas de desalación de agua de mar por OI”.
- [3] Acuamed (Enero 2007); La desalinización en España (cuadernos sectoriales).
- [4] Befesa Agua, S.A.U.; Análisis de configuraciones del proceso de O.I. en desalación.
- [5] Fariñas Iglesias, Manuel; Reducción del consumo específico de energía en las desalinizadoras de agua de mar de nueva generación.
- [6] Ministerio de sanidad y política social (informes, estudios e investigaciones 2009); Guía de desalación: aspectos técnicos y sanitarios en la producción de agua de consumo humano.
- [7] Pérez de la Cruz, Francisco Javier; “El ahorro de energía en un sistema de abastecimiento de aguas”.
- [8] García, Esperanza y Ballesteros, Enric ; “El impacto de las plantas desalinizadoras sobre el medio marino: la salmuera en las comunidades bentónicas mediterráneas”.
- [9] García, Juan Carlos (2012); “La situación actual de la desalinización”.
- [10] Martínez de la Vallina, Juan J.; “Impacto ambiental de la desalación”.
- [11] Miguel Veza, José (2002); “Introducción a la desalación de aguas”.
- [12] Fariñas Iglesias, Manuel; “Ósmosis inversa: fundamentos, tecnología y aplicaciones<sup>a</sup> (ed. Mc Graw Hill).
- [13] <http://hispagua.cedex.es>

- [14] <http://www.ingenieriaquimica.net/>
- [15] <http://genesysro.com/>
- [16] <http://ww.lenntech.com/>
- [17] <http://www.granadahoy.com/>
- [18] <http://www.energyrecovery.com/>
- [19] <http://www.poltank.com/>
- [20] <http://www.harmsco.com/>
- [21] <http://www.aiqsa.com/>
- [22] <http://www.atermic.com/>
- [23] <http://www:flowserve.com/>
- [24] <http://www.sulzer.com/>
- [25] <http://www.bombaszedac.com/>
- [26] <http://www.mapner.com/>
- [27] <http://www.lewa.com/>
- [28] <http://www.fluidmix.com/>
- [29] <http://www.mistralross.com/>
- [30] <http://www.petrofisa.com/>
- [31] <http://www.plomyplas.com/>
- [32] <http://www.acequisa.com/>

- [33] <http://www.wikipedia.com/>
- [34] <http://www.google.es/>
- [35] <http://www.boe.es/>
- [36] [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/leia/maru\\_j\\_ms/apendiceA.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leia/maru_j_ms/apendiceA.pdf)
- [37] <http://www.ingenieriadelmantenimiento.com/>

# **CAPÍTULO II: MEMORIA DE CÁLCULO**

## CAPÍTULO II – MEMORIA DE CÁLCULO

<b>1. BALANCE DE MATERIA.....</b>	<b>158</b>
1.1. Introducción.....	158
1.2. Datos de partida .....	158
1.3. Balance de materia inicial .....	159
<b>2. SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA .....</b>	<b>161</b>
2.1. Introducción.....	161
2.2. Elección de las membranas.....	161
2.3. Cálculo del TDS de las corrientes .....	162
2.4. Cálculo de la presión osmótica.....	164
2.5. Cálculo del número de membranas y tubos a presión .....	171
2.6. Normalización del sistema .....	173
2.6.1. Cálculo de los factores de corrección .....	173
2.6.2. Cálculo del flujo de diseño .....	176
2.6.3. Cálculo del número de membranas y tubos de presión reales .....	177
2.7. Cálculo de la presión de operación.....	177
<b>3. SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGIA.....</b>	<b>179</b>
3.1. Introducción.....	179
3.2. Sistema de recuperación de intercambiador de calor .....	179

3.3. Sistema de recuperación con turbinas Pelton.....	182
3.4. Cálculo del número de intercambiadores de presión .....	185
<b>4. PRETRATAMIENTOS FÍSICOS .....</b>	<b>185</b>
4.1. Introducción.....	185
4.2. Filtración grosera.....	186
4.3. Filtración de afino .....	189
<b>5. TRATAMIENTOS QUÍMICOS .....</b>	<b>192</b>
5.1. PRETRATAMIENTO.....	192
5.1.1. Dosificación de Hipoclorito sódico .....	192
5.1.2. Dosificación de Ácido sulfúrico .....	194
5.1.3. Dosificación de Bisulfito sódico .....	195
5.1.4. Dosificación de Antiincrustante .....	196
5.2. POSTRATAMIENTO.....	197
5.2.1. Dosificación de Hidróxido cálcico .....	197
5.2.2. Dosificación de Hipoclorito sódico .....	199
<b>6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS.....</b>	<b>200</b>
6.1. Depósito inicial.....	200
6.2. Depósito de agua producto.....	201
6.3. Cántara de captación.....	202
6.4. Depósito de equilibrio osmótico.....	202



6.5. Depósitos de productos químicos .....	203
6.5.1. Depósito de Hipoclorito sódico (pret) .....	203
6.5.2. Depósito de Ácido sulfúrico .....	204
6.5.3. Depósito de Bisulfito sódico .....	205
6.5.4. Depósito de Antiincrustante .....	205
6.5.5. Depósito de Hidróxido cálcico .....	206
6.5.6. Depósito de Hipoclorito sódico (post) .....	207
<b>7. DIMENSIONADO DEL SISTEMA HIDRÁULICO .....</b>	<b>208</b>
7.1. Dimensionado de tuberías .....	208
7.1.1. Tuberías de baja presión .....	210
7.1.2. Tuberías de alta presión .....	249
7.1.3. Tuberías de dosificación química.....	264
7.2. Cálculos hidráulicos .....	270
7.2.1. Pérdidas de carga.....	271
7.2.2. Altura útil y selección de bombas.....	281
7.2.2.1. Bomba de captación.....	281
7.2.2.2. Bombas de trasvase .....	284
7.2.2.3. Bomba de lavado químico .....	293
7.2.2.4. Bombas dosificadoras .....	296
7.2.2.5. Bomba de alta presión.....	297

7.2.3. Cálculo de la potencia de las bombas .....	299
<b>8. MEZCLADORES ESTÁTICOS Y AGITADORES.....</b>	<b>301</b>
8.1. Mezcladores estáticos.....	301
8.2. Agitadores.....	302
<b>9. SISTEMA DE LAVADO DE MEMBRANAS .....</b>	<b>303</b>
9.1. Introducción.....	303
9.2. Depósito de limpieza química .....	304
9.3. Dosis del limpiador .....	306
9.4. Filtros de cartuchos.....	307
9.5. Bomba de lavado químico.....	308

## **1. BALANCE DE MATERIA**

### **1.1. Introducción.**

Partimos de la demanda de las poblaciones de Motril (61.171) y Salobreña (12.622), teniendo en total una población de 73.793 habitantes, teniendo en mente esta cifra, la fijaremos en 75.000 habitantes, de modo que, nos adelantemos a posibles consumos excesivos o a un aumento de población de dichas ciudades, por lo que la demanda de agua potable rondará unos 18.750 m<sup>3</sup>/día. Por esta razón, vamos a diseñar una planta desaladora que sea capaz de satisfacer estas necesidades, siempre cumpliendo la normativa vigente al respecto.

La planta constará de dos líneas de operación, con una producción inicial de 9.375 m<sup>3</sup>/día. Debemos tener en cuenta que los cálculos se realizarán para una sola línea de operación, siendo exactamente iguales para la otra.

### **1.2. Datos de partida.**

Al encontrarnos en el litoral andaluz, el agua de captación de la planta será el mar Mediterráneo, por lo que debemos tener en cuenta las características de este mar. La composición iónica es muy importante en este tipo de instalaciones, ya que sabremos si debemos hacer especial hincapié en algún tipo de compuesto.

En el punto 7 de la memoria descriptiva observamos las características generales del Mar Mediterráneo, donde se recoge lo mencionado. Así, podemos decir que nuestra agua de alimentación tiene un total de sólido totales disueltos (STD) de 35.920,103 ppm.

Además de la concentración del agua, debemos tener en cuenta otros factores, como la temperatura (18°C) o el pH (7,7), turbidez (NTU<1).

Otro factor a destacar es la calidad de agua producto que queremos obtener, que en nuestro caso será para consumo humano, por lo que debemos cumplir con la normativa vigente siendo, la que establece el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se

establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. A continuación señalamos las exigencias más destacadas:

- $STD < 500 \text{ mg/l}$
- Turbidez:  $NTU < 1$
- $B < 1 \text{ mg/l}$
- $Fe < 200 \text{ } \mu\text{g/l}$
- pH entre 6,5 y 9,5
- Conductividad:  $2.500 \text{ } \mu\text{S/cm}$  a  $20^\circ\text{C}$

### 1.3. Balance de materia inicial.

La siguiente figura representaría el diagrama de bloques de la unidad de ósmosis inversa, con una conversión global del 42 %.

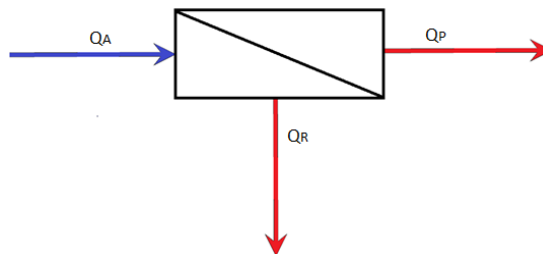


Figura 2. 1. Esquema corrientes de la unidad de ósmosis.

Así que tenemos:

$$Q_A = Q_P + Q_R \quad [2.1.]$$

$$Q_A = \frac{Q_P}{\eta} \quad [2.2.]$$

Donde :

- $Q_A$ = Caudal de alimentación ( $\text{m}^3/\text{día}$ ).
- $Q_P$ = Caudal de permeado ( $\text{m}^3/\text{día}$ ).
- $Q_R$ = Caudal de rechazo ( $\text{m}^3/\text{día}$ ).

Como conocemos el caudal de producto y el rendimiento global de la ósmosis, podemos obtener el caudal de entrada a ósmosis y el caudal de rechazo que se producirá.

$$Q_P = 9.375 \text{ m}^3/\text{día} \text{ cada línea (18.750 m}^3/\text{día en total)}$$

Debemos aplicar un factor de seguridad, por ejemplo un 5%, así obtenemos el caudal de agua desalada por línea.

$$Q_P = (9.375 + 0.05 \cdot 9.375) = 9.843,75 \text{ m}^3/\text{día}$$

Por lo tanto, el caudal de alimentación será:

$$Q_A = \frac{Q_P}{\eta} = \frac{9.843,75}{0.42} = 23.437,5 \text{ m}^3/\text{día}$$

Y el caudal de salmuera o rechazo será:

$$Q_R = Q_A - Q_P = 23.437,5 - 9.843,75 = 13.593,75 \text{ m}^3/\text{día}$$

Al final tendremos un balance de materia para cada línea de operación:

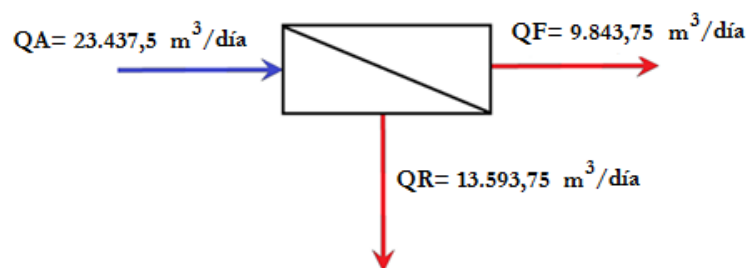


Figura 2. 2. Balance de materia de la unidad de ósmosis.

## **2. SISTEMA DE ÓSMOSIS INVERSA**

### **2.1. Introducción.**

El fenómeno de ósmosis ocurre cuando, a través de una membrana semipermeable, el agua fluye desde la solución de menor salinidad hasta otra de mayor concentración salina, la fuerza que provoca esto se denomina presión osmótica.

La ósmosis inversa consiste en invertir este proceso aplicando una presión superior a la presión osmótica correspondiente, en el lado de la solución más concentrada. Consiguiendo que la dirección del flujo del agua vaya del lado de la solución más concentrada a la más diluida.

En este punto determinaremos las características principales de la unidad de ósmosis inversa que instalaremos en nuestra planta. Para poder realizar éstos cálculos seguiremos unas pautas, de manera que nos sea más cómodo calcular los parámetros necesarios. Los pasos a seguir son:

- Elección de la membrana.
- Calcular la cantidad de sólidos totales disueltos.
- Calcular la presión osmótica.
- Calcular el número de membranas y tubos a presión.
- Normalización del sistema.
  - Cálculo de los factores de corrección.
  - Cálculo del flujo de diseño.
  - Cálculo del número de membranas y tubos a presión reales.
- Cálculo de la presión de operación.

### **2.2. Elección de la membrana.**

La membrana que hemos escogido es de poliamida aromática, asimétrica y con una configuración de enrollamiento en espiral.

Las membranas seleccionadas son del fabricante “TORAY”, las cuales tienen un alto rechazo de sales, concretamente el modelo elegido es el “TM820C-400”, cuya ficha técnica se adjunta en el anexo IV “datos técnicos de los equipos” y a continuación mostramos algunas de sus características principales.

- Diámetro: 8 inch.
- Área de membrana: 400 ft<sup>2</sup> (37 m<sup>2</sup>).
- % rechazo de sales: 99,75.
- Caudal de producto: 6.500 gpd (24,6 m<sup>3</sup>/día).

### 2.3. Cálculo del TDS de las corrientes.

Una vez que conocemos los caudales de todas las corrientes principales y las concentraciones de los diferentes iones presentes en la alimentación, vamos a calcular las concentraciones de dichos iones en las corrientes de permeado y de rechazo de la ósmosis. Así que, a través de un balance de materia calcularemos estas concentraciones.

$$Q_A = Q_P + Q_R$$

$$Q_A \cdot C_A = Q_P \cdot C_P + Q_R \cdot C_R \quad [2.3.]$$

Despejamos la concentración del permeado de la segunda ecuación.

$$C_P = \frac{Q_A \cdot C_A - Q_R \cdot C_R}{Q_P} \quad [2.4.]$$

Ahora tenemos que, si sabemos la concentración de la alimentación para el componente que sea, el rechazo de sales de la membrana y la conversión global del sistema, podemos determinar la concentración de rechazo para ese mismo componente a través de la siguiente ecuación.

$$C_R = \frac{R_m \cdot C_A}{1 - R_g} \quad [2.5.]$$

Donde:

- $R_m$ : rechazo de sales de la membrana.
- $R_g$ : conversión global.
- $C_A$ : concentración de la alimentación.
- $C_R$ : concentración del rechazo.

Las características del agua de alimentación se expresan en la memoria descriptiva, en el apartado 7. Vamos a realizar un ejemplo de forma detallada, de forma que se observe la manera de calcular las composiciones de las corrientes.

Para el  $Ca^{2+}$ , tendríamos:

$$C_A (Ca^{2+}) = 410 \text{ mg/l.} \quad R_m = 99,75 \%. \quad R_g = 42 \%.$$

$$C_R = \frac{0,9975 \cdot 410}{1 - 0,42} = 705,13 \text{ mg/l (concentración de rechazo)}$$

$$C_p = \frac{23.437,5 \cdot 410 - 13.593,75 \cdot 705,13}{9.843,75} = 1,8639 \text{ mg/l (concentración de permeado)}$$

Hacemos lo mismo con todos los componentes principales del agua de la alimentación, obteniendo de este modo la siguiente tabla resultado.

COMPONENTES DE LA ÓSMOSIS		
CONSTITUYENTES	mg/l	
	RECHAZO	PERMEADO
$Ca^{2+}$	705,13	2,4395
$Mg^{2+}$	2.648,53	9,16
$Na^+$	18.505,34	64,05
$K^+$	670,07	2,32



<b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	5,16	0,0171
<b>Sr<sup>2+</sup></b>	13,76	0,0476
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,00516	0,0000178
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	271,73	0,94
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	5.675,43	19,64
<b>Cl<sup>-</sup></b>	33.278,66	115,18
<b>F<sup>-</sup></b>	1,72	0,00595
<b>SiO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	0,172	0,000595

Tabla 2. 1. Constituyentes en las corrientes de rechazo y permeado.

Ahora podemos comprobar si cumplimos con la normativa vigente (Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano), en cuanto a los sólidos disueltos totales, en donde se establece como límite que los STD deben ser inferiores a 500 mg/l.

Al sumar las cantidades de permeado producidas tenemos que STD del permeado=213,8 mg/l, de modo que, cumplimos con la normativa mencionada con anterioridad.

#### 2.4. Cálculo de la presión osmótica.

Cuando tenemos dos disoluciones acuosas de diferente concentración separadas por una membrana semipermeable se produce un diferencial de presión entre los dos lados de la membrana. La presión osmótica se define como la presión hidrostática necesaria para detener el flujo de disolvente a través de la membrana semipermeable que separa dos disoluciones de diferentes concentraciones. También podemos decir que la presión osmótica es la presión que se debe ejercer en la disolución de mayor concentración para detener el flujo de disolvente a través de la membrana y evitar el incremento de volumen.

Es necesario conocer la presión osmótica del agua de alimentación, para que a partir de ella, podamos obtener la presión de trabajo de las bombas de alta presión que usaremos para la ósmosis.

Podemos establecer la relación existente entre la presión osmótica de una solución y la concentración de sustancias que la componen, a través de la ecuación.

$$\Pi = - \left( \frac{R \cdot T}{V_0} \right) \cdot \ln a_0 \quad [2.6.]$$

Donde:

- $\Pi$ : presión osmótica.
- $a_0$ : actividad del solvente (agua).
- $R$ : constante de los gases perfectos.
- $T$ : temperatura absoluta en grados Kelvin.
- $V_0$ : volumen mola parcial del solvente en la solución.

Para 1 Kg de agua, tenemos:

$$H_2O = 2 \cdot H + O = 2 \cdot 1,00797g + 15,9994$$

$$H_2O = 18,0153 \text{ g}$$

Así que: 1 mol de agua = 18,0153 gramos.

Con una regla de tres, obtenemos:

$$18,0153 \text{ g} \rightarrow 1 \text{ mol}$$

$$1.000 \text{ g} \rightarrow x \text{ mol}$$

$$18,0153 \cdot x = 1.000 \quad \rightarrow \quad x = 55,508 \text{ moles}$$

Llegamos a la conclusión que para 1 Kg de agua, tenemos 55,508 moles, con esto calculamos la actividad del agua por medio de la ecuación siguiente.

$$\ln a_0 = \frac{\sum m_i}{55,508} \cdot \phi \quad [2.7.]$$

Sustituyendo la actividad del agua en la ecuación 2.6., la presión osmótica queda:

$$\Pi = 0,0830828 \cdot \phi \cdot (T + 273,16) \cdot \sum m_i \quad [2.8.]$$

Donde:

- $\Pi$ : presión osmótica.
- $\phi$ : coeficiente osmótico.
- T: temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- $\sum m_i$ : sumatorio de las molalidades de las soluciones.

La molalidad de cada componente se obtiene a través de la siguiente ecuación.

$$m_i = \frac{C_i}{1.000 \cdot Pm_i \cdot \frac{10^6 - \text{STD}}{10^6}} \quad [2.9.]$$

Donde:

- $C_i$ : concentración del componente i de la solución (mg/l).
- $Pm_i$ : peso molecular del componente i.
- STD: contenido en sales totales de la solución (mg/l).

El coeficiente osmótico ( $\phi$ ) se puede calcular mediante:

$$\phi = 1 - \frac{S}{3,3751} \cdot \left( A - 2 \cdot \ln A - \frac{1}{A} \right) + B \cdot I' + C \cdot (I')^2 \quad [2.10.]$$

De los parámetros que aparecen en esta ecuación, B y C son factores que dependen de la temperatura. I' y S son en función de  $m_i$ , además el segundo también varía con los valores de  $z_i$ , D y de la densidad. De los cuales, D y la densidad obedecen a la temperatura y  $z_i$ , es la valencia de cada ión. Podremos calcular estos parámetros según las siguientes ecuaciones.

$$I = \frac{1}{2} \cdot \sum (m_i \cdot z_i^2) \quad [2.11.]$$

$$I' = \frac{1}{2} \cdot \sum m_i \quad [2.12.]$$

$$\rho_{\text{agua}} = 1,00157 - 1,56096 \cdot 10^{-4} \cdot T - 2,69491 \cdot 10^{-6} \cdot T^2 \quad [2.13.]$$

$$S = 1,17202 \cdot \left( \frac{\sum m_i \cdot z_i^2}{\sum m_i} \right) \cdot \left( \frac{23.375,556}{D \cdot (T + 273,16)} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot (\rho_{\text{agua}})^{\frac{1}{2}} \quad [2.14.]$$

$$A = 1 + 1,5 \cdot (I)^{\frac{1}{2}} \quad [2.15.]$$

$$B = 6,72817 - \frac{348,662}{T + 273,16} - 0,971307 \cdot \ln(T + 273,16) \quad [2.16.]$$

$$C = \frac{40,5016}{T + 273,16} - 0,721404 + 0,103915 \cdot \ln(T + 273,16) \quad [2.17.]$$

$$D = 233,76 + \frac{5.321}{T + 273,16} - 0,9297 \cdot (T + 273,16) + 0,001717 \cdot (T + 273,16)^2 - 8,292 \cdot 10^{-7} \cdot (T + 273,16)^3 \quad [2.18.]$$

A continuación vamos a realizar los cálculos correspondientes, en primer lugar lo haremos para la corriente de alimentación, de modo que se observen los pasos realizados en estos cálculos.

CONSTITUYENTES	CONCENTRACIÓN	PESO MOLECULAR (g/mol)
	CORRIENTE DE ALIMENTACIÓN (mg/l)	
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	410	40,08
<b>Mg<sup>2+</sup></b>	1.540	24,32
<b>Na<sup>+</sup></b>	10.760	23
<b>K<sup>+</sup></b>	390	39,1
<b>CO<sub>3</sub><sup>2-</sup></b>	3	60
<b>Sr<sup>2+</sup></b>	8	87,62
<b>Fe<sup>2+</sup></b>	0,003	55,84
<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	158	60,98
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	3.300	95,66
<b>Cl<sup>-</sup></b>	19.350	35,45
<b>F<sup>-</sup></b>	1	18,99
<b>SiO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	0,1	59,88

Tabla 2. 2. Constituyentes de la corriente de alimentación.

Tendremos una cantidad de sólidos totales disueltos:

$$STD_{alimentación} = \sum C_i = 35.920,103 \text{ mg/l}$$

Vamos a calcular la molalidad de cada componente, para así, calcular la total de la corriente.

Para el Ca<sup>2+</sup>, sería:

$$m_i = \frac{410}{1.000 \cdot 40,08 \cdot \frac{10^6 - 35.920,103}{10^6}} = 0,01061 \text{ mol/1 Kg de agua}$$

La siguiente tabla recoge los valores de la molalidad calculados y la valencia de cada ión.

IONES	$m_i$ (mol/1 Kg DE AGUA)	$z_i$ (VALENCIA)
$\text{Ca}^{2+}$	0,0106	2
$\text{Mg}^{2+}$	0,0656	2
$\text{Na}^+$	0,485	1
$\text{K}^+$	0,0103	1
$\text{CO}_3^{2-}$	$0,51 \cdot 10^4$	2
$\text{Sr}^{2+}$	$0,94 \cdot 10^4$	2
$\text{Fe}^{2+}$	$0,55 \cdot 10^7$	2
$\text{HCO}_3^-$	0,0026	1
$\text{SO}_4^{2-}$	0,035	2
$\text{Cl}^-$	0,56	1
$\text{F}^-$	$0,546 \cdot 10^4$	1
$\text{SiO}_2^-$	$0,17 \cdot 10^5$	1

Tabla 2. 3. Molalidad y valencia de los iones.

Con estos resultados calculamos la molalidad total y las fuerzas iónicas (I e I').

$$\sum m_i = 1,17655 \text{ mol/1 Kg de agua}$$

$$\sum m_i \cdot z_i^2 = 1,5132$$

$$I = \frac{1}{2} \cdot 1,5132 = 0,7566$$

$$I' = \frac{1}{2} \cdot 1,17655 = 0,588275$$

Calculamos los parámetros descritos anteriormente, con los datos obtenidos hasta ahora y teniendo en cuenta una temperatura media del agua de 18°C.

$$\rho_{\text{agua}} = 1,00157 - 1,56096 \cdot 10^{-4} \cdot 18 - 2,69491 \cdot 10^{-6} \cdot 18^2$$

$$\rho_{\text{agua}} = 0,9978$$

$$A = 1 + 1,5 \cdot (0,7566)^{\frac{1}{2}}$$

$$A = 2,3047$$

$$B = 6,72817 - \frac{348,662}{18 + 273,16} - 0,971307 \cdot \ln(18 + 273,16)$$

$$B = 0,0196$$

$$C = \frac{40,5016}{18 + 273,16} - 0,721404 + 0,103915 \cdot \ln(18 + 273,16)$$

$$C = 0,0073$$

$$D = 233,76 + \frac{5,321}{18 + 273,16} - 0,9297 \cdot (18 + 273,16) + 0,001717 \cdot (18 + 273,16)^2 - 8,292 \cdot 10^{-7} \cdot (18 + 273,16)^3$$

$$D = 106,43392$$

$$S = 1,17202 \cdot \left( \frac{1,5132}{1,17655} \right) \cdot \left( \frac{23,375,556}{106,43392 \cdot (18 + 273,16)} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot (0,9978)^{\frac{1}{2}}$$

$$S = 0,9864$$

Calculamos el coeficiente osmótico.

$$\begin{aligned} \phi = 1 - \frac{0,9864}{3,3751} \cdot \left( 2,3047 - 2 \cdot \ln 2,3047 - \frac{1}{2,3047} \right) + 0,0196 \cdot 0,588275 \\ + 0,0073 \cdot 0,588275^2 \end{aligned}$$

$$\phi = 0,95534$$

Por último, por medio de todo lo calculado, obtenemos la presión osmótica de la corriente de alimentación.

$$\Pi = 0,0830828 \cdot 0,95534 \cdot (18 + 273,16) \cdot 1,17655$$

$$\Pi = 27,19 \text{ bar}$$

A continuación debemos hacer lo mismo que hemos hecho para la corriente de alimentación, para la corriente de permeado y la de rechazo, obteniendo así la presión osmótica de todas las corrientes del sistema.

CORRIENTE	PRESIÓN OSMÓTICA (bar)
ALIMENTACIÓN	27,19
RECHAZO	30,195
PERMEADO	0,12473544

Tabla 2. 4. Presiones osmóticas de las distintas corrientes del sistema.

## 2.5. Cálculo del número de membranas y tubos a presión.

A continuación vamos a realizar los cálculos necesarios para hacer una estimación inicial del número de membranas que necesitaremos, para ello, debemos tener en cuenta el caudal de producto y las características técnicas de la membrana seleccionada.

- Número de membranas.

A través de la siguiente ecuación calcularemos el número de membranas.

$$N = \frac{Q_p}{J \cdot A} \quad [2.19.]$$

Donde:

- N: número de membranas.



- $Q_p$ : caudal de permeado.
- $A$ : área nominal de la membrana.
- $J$ : flujo específico y viene definido como el volumen producto de agua desalada por unidad de superficie de membrana instalada y unidad de tiempo.

$$J = \frac{Q}{A} \quad [2.20.]$$

Vamos a realizar el cálculo de las membranas para un flujo ideal, usando para ello el caudal nominal de la membrana que proporciona el fabricante.

$$Q_n = 24,6 \text{ m}^3/\text{día} \qquad A = 37 \text{ m}^2$$

Sustituyendo en la ecuación 2.20.:

$$J = \frac{24,6}{37} = 0,665 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{día}$$

$$J = 0,665 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2\text{día}} \cdot \frac{1.000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 27,708 \text{ l}/\text{m}^2\text{h}$$

Así que, el número de membranas será:

$$N = \frac{9.843,75}{0,665 \cdot 37} = 400 \text{ membranas}$$

- Número de tubos a presión.

El número de membranas en cada tubo a presión suele ser de 6 o 7 en cada uno, por este motivo usaremos 7, ahorrando cantidad de tubos y espacio. De manera que tendremos:

$$\text{Nº tubos a presión} = \frac{\text{Nº membranas}}{\text{Membranas por tubo}} = \frac{400}{7} = 57,1 \approx 58 \text{ tubos de presión}$$

## 2.6. Normalización del sistema.

Este apartado se emplea ya que, la planta no funcionará con los rendimientos teóricos siempre, a medida que el tiempo pasa los rendimientos bajan y la planta debe seguir proporcionando el caudal de permeado fijado como requisito. Así las membranas de ósmosis no trabajan en flujos máximos, por ello, para conocer la productividad real, debemos hacer unas correcciones donde tengamos en cuenta variaciones de los factores que influyen en los caudales específicos con respecto a las condiciones normalizadas.

Los factores que afectan a estos caudales y que vamos a tener en cuenta son la presión de operación, la temperatura del agua de alimentación y el tiempo de operación de la planta.

### 2.6.1. Cálculo de los factores de corrección.

- Temperatura del agua de alimentación.

La temperatura es un factor que afecta a la degradación de las membranas y a la solubilidad de algunas sales, afectando de este modo a la productividad de las membranas.

Al calcular la productividad de las membranas, los fabricantes lo hacen a 25°C, pero es extraño tener el agua de alimentación a esta temperatura. Cuanto menor sea la temperatura del agua de alimentación mayor productividad se obtendrá, usando menor número de membranas o trabajando a presiones menores. Sin embargo, cuanto mayor sea esta temperatura con mayor rapidez se degradarán las membranas, disminuyendo su vida útil.

Se establece empíricamente que:

$$f_T = \frac{Q_P(\theta)}{Q_P(25)} = A^{(\theta-25)} = \exp \left[ K_T \cdot \left( \frac{T}{298} \right) \right] \quad [2.21.]$$

Donde:

- QP ( $\theta$ ): caudal de producto a la temperatura  $\theta^{\circ}\text{C}$ .
- QP (25): caudal de producto a  $25^{\circ}\text{C}$ .
- A: constante característica de cada tipo de membrana.
- T: temperatura en grados Kelvin.
- KT: constante dependiente del tipo de membrana.

También podemos calcular el factor de corrección de la temperatura por el método gráfico, usando una gráfica empleada en la guía para la remineralización de las aguas desaladas.

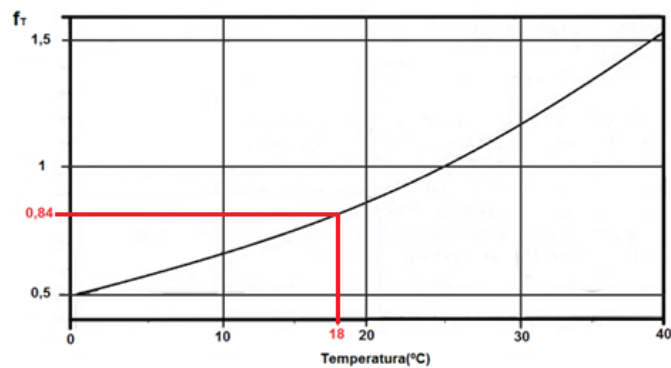


Figura 2. 3. Factor de corrección de la temperatura (Centro Canario del agua 2002, Hernández Suárez, Manuel).

- Presión de operación.

El factor de corrección de presión ( $f_P$ ) se define a través de la siguiente ecuación.

$$f_P = \frac{(P_m - \Delta\Pi)_{\text{operación}}}{(P_m - \Delta\Pi)_{\text{prueba}}} \quad [2.22.]$$

Siendo,  $P_m$  la presión de membrana, definida como la presión que se necesita para que la separación se produzca. Se encuentra en función del flujo, el coeficiente de permeabilidad de la membrana y de la diferencia de presión osmótica a ambos lados de la membrana, y queda definida:

$$P_m = \frac{J}{A} + \Delta\Pi_{A-R} \quad [2.23.]$$

Donde:

- $\Delta\Pi$ : diferencia de presión osmótica entre la alimentación y el rechazo.

Para el cálculo del factor de corrección de presión es necesario tener datos de operación y de prueba que son facilitados por el fabricante de las membranas.

Datos de operación:

$$\Delta\Pi = 30,195 \text{ bar}$$

$$P_m = \frac{27,708}{0,83} + 30,195 = 63,58 \text{ bar}$$

Obtenidos mediante las presiones osmóticas ya calculadas, el flujo calculado (27,708 l/m<sup>2</sup>h) y el coeficiente de permeabilidad de la membrana (0,83 l/m<sup>2</sup>h·bar).

Datos de prueba:

$$P_m = 55,2 \text{ bar}$$

$$\Delta\Pi = 21,82 \text{ bar}$$

De este modo, al sustituir en la ecuación 2.22. Obtendremos el siguiente factor de corrección.

$$f_p = \frac{(63,58 - 30,195)}{(55,2 - 21,82)}$$

$$f_p = 1,0001 \approx 1$$

- Tiempo de operación de la planta.

A este factor se le conoce también como factor de fouling. Es el valor que tiene en cuenta todos los aspectos producidos por el ensuciamiento de las membranas con el paso del tiempo. Desde el aumento de presión por la colmatación de las mismas hasta el incremento del paso de sales.

La siguiente ecuación define el factor de corrección para el tiempo de operación.

$$f_t = \frac{Q_p(\theta)}{Q_p(0)} \quad [2.24.]$$

Donde:

- $Q_p(t)$ : caudal de agua en un tiempo  $t$ .
- $Q_p(0)$ : caudal de agua en el momento de puesta en marcha de la planta.

Este factor se suele considerar que reduce el flujo en un 30%, por tanto, se toma que este factor tendrá un valor de 0,7.

$$f_t = 0,7$$

### 2.6.2. Cálculo del flujo de diseño.

A través de los factores correctores que hemos calculado anteriormente podemos obtener el flujo de diseño para nuestras membranas.

$$Q_d = Q_n \cdot f_p \cdot f_T \cdot f_t \quad [2.25.]$$

Donde:

- $Q_d$ : caudal de diseño para las membranas.
- $Q_n$ : caudal nominal de la membrana (24,7 m<sup>3</sup>/día).
- $f_p$ : factor corrector de presión (1).
- $f_T$ : factor corrector de la temperatura (0,84).
- $f_t$ : factor corrector de tiempo de operación (0,7).

De modo que:

$$Q_d = 24,7 \cdot 1 \cdot 0,84 \cdot 0,7$$

$$Q_d = 14,52 \text{ m}^3/\text{día}$$

Como podemos observar en el anexo IV, en las características de las membranas, el caudal mínimo de las membranas es de 19,7 m<sup>3</sup>/día, y el caudal que hemos calculado es de 14,52 m<sup>3</sup>/día, vemos que no se acerca al caudal mínimo que exige el fabricante, por ello, usaremos el caudal mínimo para continuar con los cálculos. Con este caudal obtenemos el flujo de diseño para nuestras membranas.

$$J_d = \frac{Q_d}{A} = \frac{19,7}{37} = 0,532 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$$

$$J_d = 0,532 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}} \cdot \frac{1.000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} = 22,16 \frac{\text{l}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}}$$

### 2.6.3. Cálculo del número de membranas y tubos a presión reales.

Ahora vamos a calcular el número real de membranas y tubos a presión reales. De modo que:

$$N = \frac{Q_p}{J_d \cdot A} = \frac{9.843,75}{0,532 \cdot 37} = 500$$

Como en cada tubo de presión tenemos 7 membranas, el número total de tubos será:

$$N_{\text{tubos total}} = \frac{N}{7} = \frac{500}{7} = 71,4 \approx 72 \text{ tubos a presión}$$

### 2.7. Cálculo de la presión de operación.

Para este tipo de instalaciones, la presión de operación es muy importante, de modo que condicionará el factor económico del proyecto.

Para su cálculo debemos tener en cuenta el flujo de operación de las membranas, la presión de operación y el coeficiente de permeabilidad de la membrana, usando la ecuación 2.23., tenemos:

$$P_d = \frac{J_d}{A} + \Delta\Pi = \frac{22,16}{0,83} + 30,195 = 56,89 \text{ bar}$$

Si observamos la ecuación que hemos usado, vemos que no tenemos en cuenta las pérdidas que se producen en el sistema. De manera que ahora vamos a tenerlo en cuenta para calcular la presión óptima de la bomba de alta presión (presión recomendada de bombeo).

$$PRB = P_d + (0,10 \cdot \Delta P^* + 0,20) \quad [2.26.]$$

Siendo  $\Delta P^*$  la diferencia de presión neta, y queda definida por la siguiente ecuación.

$$\Delta P^* = P_d - \Delta\Pi_{A-R} \quad [2.27.]$$

$$\Delta P^* = 56,89 + 30,195 = 26,695 \text{ bar}$$

Así, sustituyendo en la ecuación 2.26., obtenemos la presión recomendada de bombeo.

$$PRB = 56,89 + (0,10 \cdot 26,695 + 0,20)$$

$$PRB = 59,7595 \text{ bar}$$

Según bibliografía, expertos en plantas de ósmosis inversa exponen que según la experiencia han llegado a la conclusión de que la presión calculada antes debe estar entre 20 y 30 bares mayor que la presión osmótica de alimentación, lo cual se cumple en nuestro caso.

### 3. SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

#### 3.1. Introducción.

En desaladoras como las que estamos dimensionando, el mayor consumo energético lo tienen las bombas de alta presión, de manera general, para poder reducir el coste de este consumo de energía se suelen instalar sistemas de recuperación. En este apartado vamos a ver el consumo específico y el dimensionamiento del sistema de recuperación elegido.

Como puede observarse en el apartado 8.6.3. de la memoria descriptiva, hemos elegido como sistema de recuperación el sistema con intercambiadores de presión, debido fundamentalmente a su mayor recuperación energética.

#### 3.2. Sistema de recuperación con intercambiadores de presión.

El intercambiador de presión o cámara isobárica está formado por una cámara en cuyo interior se encuentra un pistón que es el encargado de transferir la energía de presión de un flujo a otro y un juego de válvulas, su funcionamiento se basa en la siguiente figura:

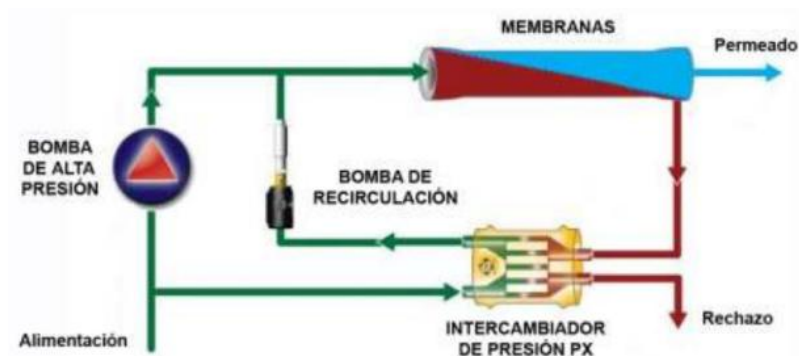


Figura 2. 4. Esquema de sistema de recuperación con intercambiadores de presión  
(bibliografía [7]).



Estos intercambiadores de presión se pueden dividir en dos grupos principales, de entre los cuales, nosotros elegiremos los recuperadores de cámaras rotativas.

En el esquema anterior podemos observar como a la salida del intercambiador de presión se instala una bomba, denominada “bomba Booster”, la cual impulsa un caudal de agua de mar menor que el de rechazo, debido a las pérdidas que se producen en el interior del intercambiador. Por tanto, la bomba de alta presión sólo debe suministrar el caudal de agua que falta, es decir, un caudal ligeramente superior al del permeado.

- Eficiencia energética del proceso.

Por definición, la eficiencia del proceso será la energía hidráulica transferida al proceso entre la energía hidráulica disponible en la corriente de rechazo, así que tenemos que los fabricantes aseguran un rendimiento mínimo del 85% para la bomba booster y un 95% para el motor. Por lo que el rendimiento del proceso se define como:

$$\eta = \eta_{\text{booster}} \cdot \eta_{\text{motor}} = 0,85 \cdot 0,95 = 0,8$$

Tenemos que aproximadamente el 80% de la energía hidráulica que contiene la corriente de rechazo será recuperada y utilizada de nuevo en el proceso.

- Consumo específico del sistema.

Para poder obtener la energía hidráulica que contiene la corriente de rechazo partimos de la siguiente ecuación:

$$P = Q \cdot H \quad [2.28.]$$

Donde:

- P: es la potencia.
- Q: es el caudal.
- H: es la presión.

Teniendo en cuenta que 10 m.c.a. equivalen a 1 Kg/cm<sup>2</sup> y que 1 Kw·h equivale a 367 Kg, la ecuación anterior queda de la siguiente forma:

$$P = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{367 \cdot \eta_{\text{bomba}}} \quad [2.29.]$$

Teniendo en cuenta un rendimiento del 80% en las bombas de alta presión y un 95% en el motor de dicha bomba, y el caudal que pasaría por dichas bombas y las alturas necesarias que deben impulsar, tendríamos:

$$Q_{\text{bombas de alta presión}} = Q_{\text{alimentación}} - Q_{\text{rechazo}} = 976,5625 - 566,4 = 410,15625 \text{ m}^3/\text{h}$$

En el apartado 7.2.2.5. “bombas de alta presión”, encontramos las características de la bomba y la altura mínima que debe superar, siendo de 629,993442 metros, así que calculamos la potencia de dichas bombas, usando la ecuación 2.29.

$$P_{\text{bomba de alta presión}} = \frac{\rho \cdot Q_{\text{b.a.p.}} \cdot H}{367 \cdot \eta} = \frac{1,025 \cdot 410,15625 \cdot 629,993442}{367 \cdot 0,80} = 902,1 \text{ Kw}$$

$$P_{\text{elec}} = \frac{P_{\text{b.a.p.}}}{\eta_{\text{motor}}} = \frac{902,1}{0,95} = 949,58 \text{ Kw}$$

Ahora vamos a calcular la potencia consumida por la bomba booster, teniendo en cuenta la presión de permeado, el rendimiento de la bomba y el rendimiento del motor. Como caudal debemos usar el de agua a baja presión que alimenta a los intercambiadores, como este caudal debe bañar el interior de dichos intercambiadores, y el caudal de rechazo también, se usará por tanto, la misma cantidad de agua a baja presión que el agua de rechazo. De la misma forma, para obtener la altura que estas bombas deberán superar, debemos restar a la altura calculada para las bombas de alta presión la altura (presión) de la corriente de rechazo, ya que será aprovechada por los intercambiadores de presión, por tanto, tendremos:

$$H_{\text{booster}} = H_{\text{b.a.p.}} - H_{\text{rechazo}} = 629,993442 - 301,95 = 328,043442 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación 2.29., obtenemos:

$$P_{\text{booster}} = \frac{1,025 \cdot 566,4 \cdot 328,043442}{367 \cdot 0,85} = 610,51 \text{ Kw}$$

$$P_{\text{eléctrica booster}} = \frac{P_{\text{booster}}}{\eta_{\text{motor}}} = \frac{610,51}{0,95} = 642,643 \text{ Kw}$$

Así que la potencia total consumida por el sistema será:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{eléctrica booster}} + P_{\text{eléctrica bomba AP}} = 642,643 + 949,58 = 1.592,223 \text{ Kw}$$

Dividiendo el caudal de permeado entre la potencia total, obtenemos el consumo específico de energía instalando un intercambiador de recuperación.

$$\text{Consumo específico} = \frac{P_{\text{total}}}{\text{Caudal de permeado}} = \frac{1.592,223}{410,15625} = 3,882 \text{ Kw} \cdot \text{h/m}^3$$

### 3.3. Sistema de recuperación por turbinas Pelton.

En este caso, para recuperar energía usamos la corriente de salmuera procedente de la ósmosis, ya que, al salir a alta presión podemos recuperar esa energía a través de una turbina. Esta turbina está acoplada al eje del motor que acciona la bomba de alta presión, tal y como se muestra en la siguiente figura.

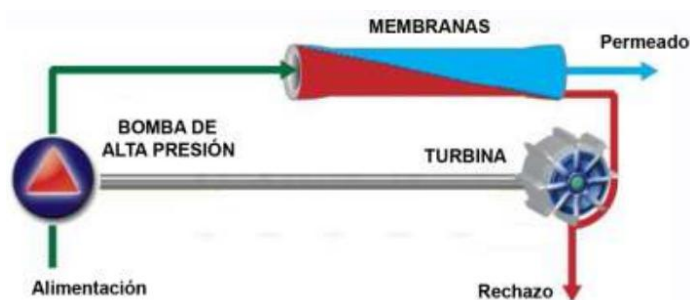


Figura 2. 5. Esquema de sistema de recuperación con turbinas Pelton (bibliografía [7]).

En los inyectores de la turbina Pelton, la energía en forma de presión de la salmuera se transforma en energía cinética de traslación y en energía cinética de rotación en el eje de la turbina.

De esta forma, el motor eléctrico de accionamiento sólo tiene que aportar la energía que reclama la bomba menos la que recupera la turbina.

- Eficiencia energética del proceso.

Para determinar el rendimiento del sistema de recuperación de energía con turbinas Pelton hay que calcular que porcentaje de energía hidráulica existente en el rechazo se recupera y es utilizada en el proceso.

Por definición, la eficiencia energética del proceso será la energía hidráulica disponible en la corriente de rechazo, de modo que:

$$\eta = \eta_{\text{turbina}} \cdot \eta_{\text{bomba}} \cdot \eta_{\text{motor}} \quad [2.30.]$$

Donde:

$$\eta_{\text{turbina}} = 79\% \qquad \eta_{\text{bomba}} = 85\% \qquad \eta_{\text{motor}} = 95\%$$

Así que sustituyendo en la ecuación 2.30., nos queda:

$$\eta = 0,79 \cdot 0,85 \cdot 0,95 = 0,638$$

Vemos que el 63,8% de la energía hidráulica que contiene la corriente de rechazo será recuperada en el proceso.

- Consumo específico del sistema.

Partimos calculando la potencia que es capaz de generar la turbina Pelton, según el caudal de rechazo (566,4 m<sup>3</sup>/h) y la presión de salida de la corriente de rechazo (30,195 bar), de modo que:

$$P_{\text{rechazo}} = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{367} = \frac{1,025 \cdot 566,4 \cdot 301,95}{367} = 477,66 \text{ Kw}$$

$$P_{\text{turbina}} = 477,66 \cdot 0,79 = 377,35 \text{ Kw}$$

Esta potencia, en contra de lo que parece, no se aprovecha íntegramente, ya que se perderá parte al transmitirla a través del eje del motor.

Del mismo modo, las bombas de alta presión tienen un rendimiento del 80%, así que la potencia absorbida en su eje es:

$$P_{\text{bomba de alta presión}} = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{367 \cdot \eta_{\text{bomba}}} = \frac{1,025 \cdot 976,5625 \cdot 629,993442}{367 \cdot 0,80} = 2.147,85 \text{ Kw}$$

Ahora que ya conocemos la potencia que se recupera con la turbina y la potencia que consume la bomba de alta presión, calculamos la potencia neta que debe aportar el eje del motor.

$$P_{\text{motor}} = P_{\text{bomba}} - P_{\text{turbina}} = 2.147,85 - 377,35 = 1.770,5 \text{ Kw}$$

El motor tiene un rendimiento del 95%, así que la potencia eléctrica que se debe aportar al sistema será:

$$P_{\text{elec}} = \frac{1.770,5}{0,95} = 1.863,68 \text{ Kw}$$

Ya conocemos la potencia eléctrica que debemos aportar al sistema, así que, ahora determinaremos el consumo específico de energía por metro cúbico de permeado producido cada hora.

$$\text{Consumo específico} = \frac{P_{\text{eléctrica}}}{\text{caudal de permeado}} = \frac{1.863,68}{410,15625} = 4,54 \text{ Kw} \cdot \text{h} / \text{m}^3$$

Como podemos observar en ambos casos, el consumo específico en sistemas de recuperación de energía por turbinas Pelton es mayor que mediante intercambiadores de presión, de este modo, queda demostrada la razón de habernos decantado por un sistema de recuperación por intercambiadores de presión.

### 3.4. Número de intercambiadores de presión.

El intercambiador que hemos elegido es suministrado por la empresa “ENERGY RECOVERY DEVICE”, el escogido es de la serie PX-260, con una eficiencia del 98% y un rango de aplicación de 50 a 59 m<sup>3</sup>/h, en nuestro caso vamos a utilizar un valor medio de 55 m<sup>3</sup>/h por cada intercambiador de presión.

Para calcular el número de intercambiadores a instalar usaremos la siguiente ecuación:

$$\text{Nº de intercambiadores} = \frac{Q_{\text{rechazo}}}{Q_{\text{en cada intercambiador}}} = \frac{566,4}{55} = 10,3 \approx 11$$

Por tanto, el sistema de recuperación de energía dispondrá de 11 intercambiadores de presión por cada línea de operación, instalándose 22 en total en la planta.

## 4. PRETRATAMIENTOS FÍSICOS

### 4.1. Introducción

El objetivo de este apartado será el cálculo para el dimensionamiento del pretratamiento físico que será necesario instalar antes de la ósmosis inversa. Este pretratamiento debe ser efectivo, ya que de él depende que las membranas de la ósmosis trabaje de forma óptima y su vida útil sea elevada.

En nuestro caso hemos elegido dos pretratamientos físicos, de manera que uno complemente al otro. Los sistemas elegidos son:

- Filtración grosera, se realiza mediante unos filtros de arena donde, el agua se hace descender a través del medio filtrante, eliminando materia orgánica y compuestos de alta superficie.

- Filtración de afino, por medio de unos filtros de cartuchos, los cuales serán los encargados de filtrar el agua de sustancias de hasta 5 micras, obteniendo una calidad de agua óptima para su posterior entrada al sistema de ósmosis.

#### 4.2. Filtración grosera

La filtración grosera será la primera etapa del pretratamiento físico de la planta, donde se desean eliminar los sólidos en suspensión y reducir la concentración de coloides, que pueden contener el agua de mar.

El filtro que hemos elegido queda descrito en el punto 8.3.1. de la memoria descriptiva. Se trata de un filtro horizontal del fabricante “POLTANK”, modelo 30H50B10M31, su ficha técnica se adjunta en el anexo V “datos técnicos de los equipos”.

Las dimensiones del filtro son:

- Diámetro (D): 3 m
- Longitud (L): 5,44 m
- Superficie filtrante: 13,24 m<sup>2</sup>

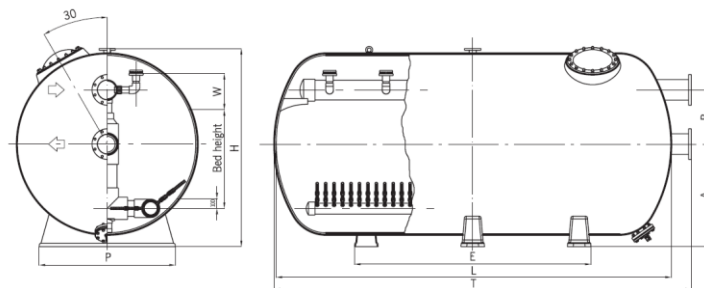


Figura 2. 6. Esquema filtros de arena (www.poltank.com).

La siguiente expresión vamos a utilizarla para determinar el número de filtros necesarios a instalar:

$$n_{\text{filtros}} = \frac{Q_{\text{filtrar}}}{v_{\text{filtración}} \cdot S_{\text{filtración}}} \quad [2.31.]$$

Donde:

- $N_{\text{filtros}}$ : es el número de filtros a instalar.
- $Q_{\text{filtrar}}$ : caudal de agua a filtrar por línea de producción.
- $v_{\text{filtración}}$ : velocidad de filtración.
- $S_{\text{filtración}}$ : superficie filtrante.

El agua a filtrar en nuestro caso será de 46.875 m<sup>3</sup>/día, pero como tenemos dos líneas serán 23.437,5 m<sup>3</sup>/día, o lo que es lo mismo 976,5625 m<sup>3</sup>/h. La velocidad de filtración recomendada como máxima es de 20 m/h en el caso de disponer de todos los filtros operativos, así determinamos el número de filtros:

$$n_{\text{filtros}} = \frac{976,5625}{20 \cdot 13,24} = 3,69 \approx 4 \text{ filtros}$$

De este modo, podemos decir que tendremos que instalar 4 filtros por cada línea de operación, que en total serían 8, ya que disponemos de dos líneas de operación.

Para asegurarnos de que los cálculos que hemos hecho son adecuados, vamos a calcular la velocidad de filtración real con todos los filtros operativos (que no debería sobrepasar los 20 m/h).

$$v_{\text{filtración}} = \frac{Q_{\text{filtrar}}}{n_{\text{filtros}} \cdot S_{\text{filtración}}} = \frac{976,5625}{4 \cdot 13,24} = 18,44 \text{ m/h} < 20 \text{ m/h}$$

Mediante el cálculo de la velocidad de filtración podemos comprobar que los cálculos realizados para el número de filtros son correctos.

- Pérdidas de carga en los filtros de arena.

Ahora determinaremos las pérdidas de carga que se producen en los filtros de arena.

Para ello necesitamos el caudal, en galones por minuto, que pasa por cada filtro:



$$Q_{\text{por filtro}} = \frac{Q_T}{N^{\circ} \text{ filtros}} = \frac{976,5625}{4} = 244,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{por filtro}} = 244,14 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 264,172 \frac{\text{galones}}{\text{m}^3} = 64.494,95 \text{ gal}/\text{h}$$

$$Q_{\text{por filtro}} = 64.494,95 \frac{\text{gal}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 1.074,92 \text{ gpm}$$

Estas pérdidas se determinarán a través de la siguiente gráfica.

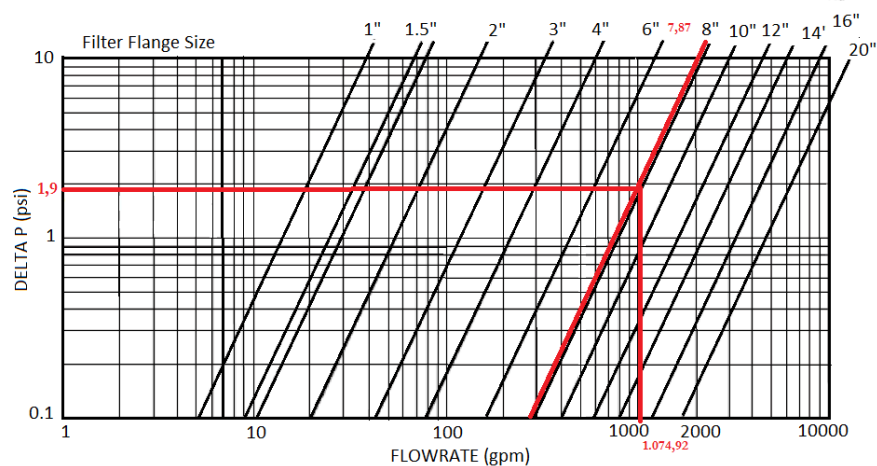


Figura 2. 7. Gráfica de pérdidas de carga de los filtros de arena (www.poltank.com).

Según la gráfica anterior, para un caudal de 1.074,92 gpm por cada filtro y un diámetro de la conexión de 200 mm (7,87 inch), obtenemos una pérdida de presión de 1,9 psi. Si tenemos en cuenta que tenemos 3 filtros por cada línea de operación, las pérdidas totales son 7,6 psi (5,35 metros).

- Lavado de los filtros de arena.

Según vamos aumentando el tiempo de operación de los filtros, la pérdida de carga de éstos va aumentando, cuando alcanzamos una pérdida de carga entorno a 0,8-1 Kg/cm<sup>2</sup> debemos proceder a la limpieza de los filtros. Los lavados serán a contracorriente con aire y agua de manera alternativa, vamos a determinar la cantidad de aire y agua que vamos a utilizar en estos lavados.

La velocidad recomendada para el aire es de 50 m/h, el aire es empleado para el adecuado esponjamiento de la arena. A través de la siguiente ecuación calculamos el caudal necesario:

$$Q_{\text{aire}} = S_{\text{filtro}} \cdot v_{\text{aire}} = 13,24 \cdot 50 = 662 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para aportar este caudal es necesario la instalación de un soplante de aire, hemos escogido uno del fabricante “MAPNER”. Irán uno por cada línea de operación, más uno de reserva, los datos técnicos del soplante se adjuntan en el anexo V “datos técnicos de los equipos”.

El agua se utiliza en la etapa de lavado y en un posterior aclarado.

- Fase lavado: fase donde se arrastran partículas y coloides retenidos por el material filtrante durante el tiempo de operación. La velocidad recomendada es de 10 m/h, así que:

$$Q_{\text{agua}} = S_{\text{filtro}} \cdot v_{\text{agua}} = 13,24 \cdot 10 = 132,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

- Fase aclarado: a través de esta fase el lecho se compacta y homogeneiza, de manera que vuelva a tener buena capacidad filtrante. La velocidad recomendada es de 15 m/h, así tenemos:

$$Q_{\text{agua}} = S_{\text{filtro}} \cdot v_{\text{agua}} = 13,24 \cdot 15 = 198,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

En el sistema de lavado se deberán instalar una serie de válvulas que ajusten los caudales de agua requeridos en cada fase de lavado.

#### **4.3. Filtración de afino**

La filtración de afino o por cartuchos se utiliza para mejorar el funcionamiento de las membranas de la ósmosis. Los fabricantes de membranas aconsejan la eliminación de sólidos de 5 micras presentes en el agua, para que no se dañen ni obstruyan el

funcionamiento de estas membranas. De este modo, debemos utilizar este proceso de filtrado para el correcto funcionamiento de la ósmosis.

Tenemos un caudal por cada línea de 976,5625 m<sup>3</sup>/h, vamos a pasarlo a galones por minuto para ahorrar tiempo en cálculos.

$$Q = 976,5625 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 264,172 \frac{\text{galones}}{\text{m}^3} = 257.979,81 \frac{\text{galones}}{\text{h}}$$

$$Q = 257.979,81 \frac{\text{galones}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 4.299,66 \text{ gpm}$$

El portafiltro y el filtro elegidos son de la firma “HARMSCO”. Por sus características se van a instalar portafiltros de la serie HIF. Teniendo en cuenta el alto caudal a tratar se ha elegido el portafiltro HIF 200FL, en él entran 100 cartuchos de 1250 mm. Los cartuchos elegidos son de la serie 701. La ficha técnica se adjunta en el anexo V.

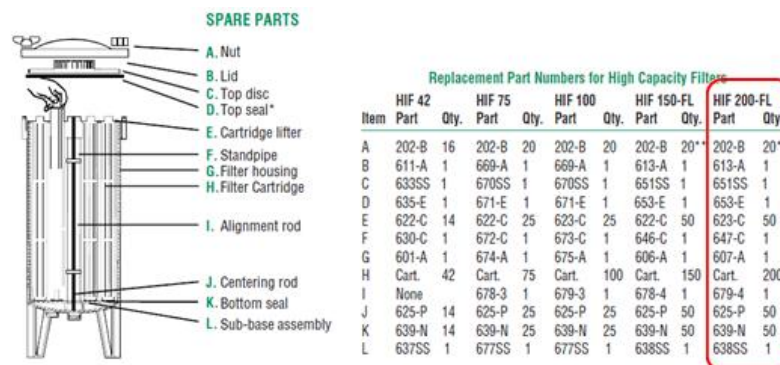


Figura 2. 8. Esquema portafiltro de cartuchos (www.harmsco.com).

El caudal de alimentación a tratar por los filtros es de 976,5625 m<sup>3</sup>/h. Asumiendo caudales normales de operación de 0,92 m<sup>3</sup>/h por cartucho elemental de 250 mm, para unidades de 1250 mm, supondremos que el caudal de operación será al menos de el triple, siendo de 2,76 m<sup>3</sup>/h. A continuación se determina el número de filtros de cartuchos necesario por línea de operación.

$$n_{FC} = \frac{Q_A}{Q_{FC}} \quad [2.32.]$$

Donde:

- $n_{FC}$ : número de filtros a instalar.
- $Q_F$ : caudal de agua a tratar.
- $Q_{FC}$ : caudal de operación del filtro.

Sustituyendo en la ecuación 2.32., nos queda:

$$n_{FC} = \frac{976,5625}{2,76} = 353,82 \text{ filtros}$$

Sin embargo, según el fabricante, para el diseño es necesario tomar que cada portafiltro de cartucho va a tratar entre el 60-80% del caudal total. Tomando un valor medio, del 70%, se obtiene que en cada portafiltro hay 70 filtros de cartucho de 1250 mm. Luego el número de portafiltros a instalar por línea es de:

$$n_{\text{portafiltros}} = \frac{n_{FC}}{\text{Nº filtros por portafiltro}} = \frac{353,82}{70} = 5,05 \approx 6 \text{ portafiltros}$$

Por tanto, se tiene que por línea de producción se instalarán 6 portafiltros, 12 en total.

- Pérdidas de carga en los filtros

En este apartado utilizaremos la gráfica de la pérdida de carga de los portafiltros seleccionados anteriormente, para ello usamos el caudal que pasa por cada portafiltro y el modelo seleccionado, teniendo un caudal en cada portafiltro de:

$$Q_{\text{portafiltro}} = \frac{Q_T}{\text{Nº portafiltros}} = \frac{4.299,66}{6} = 716,61 \text{ gpm}$$

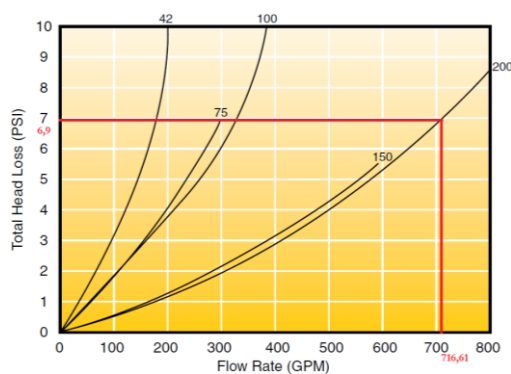


Figura 2. 9. Gráfica pérdidas de carga de filtros de cartuchos (www.harmsco.com).

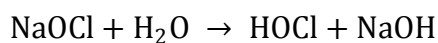
De modo que, finalmente podemos decir que la pérdida de presión de cada portafiltro es de 6,9 psi, y en cada línea 41,4 psi (29,13 metros).

## 5. TRATAMIENTOS QUÍMICOS

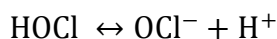
### 5.1. Pretratamiento

#### 5.1.1. Dosificación de Hipoclorito sódico (desinfección)

Para este procedimiento usaremos hipoclorito sódico (NaOCl), adicionándolo al agua para producir ácido hipocloroso (HOCl) el cual tiene características biocidas. La reacción que se lleva a cabo es la siguiente:



El ácido hipocloroso tiene una reacción de disociación:



El pH del agua será lo que desplace el equilibrio químico a un lado o al otro, y será algo de lo que dependerá la eficiencia de la desinfección, ya que el ácido sin disociar tiene una acción biocida mucho más elevada.

Según bibliografía, la estimación de la dosis de cloro libre residual de forma que controle los crecimientos biológicos se encuentra en 3 ppm, así que tendremos:

$$3\text{ppm} = 3 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \rightarrow 3 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1.000 \text{ mg}} = 0,003 \text{ g/l}$$

El hipoclorito sódico que hemos usado tiene una concentración de 150 g/l de cloro activo residual. Vamos a realizar un balance global y un balance de cloro libre para poder calcular la cantidad de hipoclorito sódico a añadir, utilizando las ecuaciones 2.1. y 2.3.

$$Q_a + Q_d = Q_{ad}$$

$$Q_a \cdot C_a + Q_d \cdot C_d = Q_{ad} \cdot C_{ad}$$

Donde:

- $Q_a$ : caudal de alimentación.
- $Q_d$ : caudal adicionado de químico (hipoclorito en este caso).
- $Q_{ad}$ : caudal alimentación-químico.
- $C_a$ : concentración de químico en la alimentación (cloro activo en este caso).
- $C_d$ : concentración de químico en la disolución.
- $C_{ad}$ : concentración de químico en la mezcla.

$$1.953,125 \text{ m}^3/\text{h} + Q_d = Q_{ad}$$

$$1.953,125 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0 + Q_d \cdot 150 \text{ g/l} = Q_{ad} \cdot 0,003 \text{ g/l}$$

$$Q_d = 0,039 \text{ m}^3/\text{h} = 0,94 \text{ m}^3/\text{dia}$$

De este modo obtenemos el caudal de hipoclorito sódico que debemos adicionar:

$$Q_d = 0,039 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1.000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} = 39 \text{ l/h}$$

### 5.1.2. Dosificación de Ácido sulfúrico (ajuste de pH)

Vamos a realizar un ajuste de pH con ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Esta adición no solo pretende ajustar el pH del agua, sino que también previene la precipitación de carbonato cálcico, de modo que según disminuyamos el pH del agua, se aumenta el límite de saturación de las sales parcialmente insolubles.

La dosis a suministrar generalmente es recomendada por los fabricantes de membranas, pero nosotros vamos a calcular la dosis diaria que debemos suministrar. En la adición de este químico, actualmente según experiencias se suelen usar cantidades en torno a  $20 \text{ g/m}^3$ , siempre y cuando las membranas sean capaces de tolerar esta concentración de ácido.

El ácido sulfúrico que tenemos tiene una concentración del 98%, y una densidad de  $1,84 \text{ g/cm}^3$ , a partir de todo esto y el caudal de alimentación podemos calcular el caudal de ácido sulfúrico.

Teniendo en cuenta que:

$$1,84 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1.000 \text{ cm}^3}{1 \text{ l}} = 1.840 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

$$20 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot \frac{0,001 \text{ m}^3}{1 \text{ l}} = 0,02 \frac{\text{g}}{\text{l}}$$

Usando el mismo balance que el caso anterior calculamos la cantidad de ácido necesaria.

$$1.953,125 \text{ m}^3/\text{h} + Q_d = Q_{ad}$$

$$1.953,125 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0 + Q_d \cdot 1.840 \text{ g/l} = Q_{ad} \cdot 0,02 \text{ g/l}$$

$$Q_d = 0,02123 \text{ m}^3/\text{h} = 0,51 \text{ m}^3/\text{dia}$$

De este modo obtenemos el caudal de hipoclorito sódico que debemos adicionar:

$$Q_d = 0,02123 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1.000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} = 21,23 \text{ l/h}$$

### 5.1.3. Dosificación de Bisulfito sódico (reducción-decloración)

El químico que vamos a utilizar en este tratamiento es bisulfito de sodio ( $\text{NaHSO}_3$ ), con una concentración del 30% y una densidad de  $1,37 \text{ g/cm}^3$ , así tenemos:

$$C_{\text{NaHSO}_3} = 0,30 \cdot 1,37 \text{ g/cm}^3 = 0,411 \text{ g/cm}^3$$

$$C_{\text{NaHSO}_3} = 0,411 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot 1.000 \frac{\text{cm}^3}{\text{l}} = 411 \text{ g/l}$$

Para calcular el caudal que tenemos de bisulfito sódico realizamos la misma operación que estamos realizando hasta ahora, teniendo en cuenta que la recomendación de la concentración de bisulfito sódico está en  $6\text{ppm}=0,006 \text{ g/l}$ .

$$976,5625 \text{ m}^3/\text{h} + Q_d = Q_{ad}$$

$$976,5625 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0 + Q_d \cdot 411 \text{ g/l} = Q_{ad} \cdot 0,006 \text{ g/l}$$

$$Q_d = 0,01426 \text{ m}^3/\text{h} = 0,3422 \text{ m}^3/\text{dia}$$

De este modo obtenemos el caudal de hipoclorito sódico que debemos adicionar:



$$Q_d = 0,01426 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1.000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} = 14,26 \text{ l/h}$$

#### 5.1.4. Dosificación del Antiincrustante (antiincrustación)

Usamos un antiincrustante de forma que evitemos los depósitos de sales incrustantes, tales como sulfato cálcico y sulfato de bario, en las membranas. Debemos intentar evitar estas deposiciones, ya que, afectan al rendimiento y a la presión de operación.

El elegido es Genesys SW, un antiincrustante para agua de mar, siendo una disolución acuosa de un ácido policarboxílico neutralizado, con una densidad media de 1,16 g/cm<sup>3</sup>.

Según el distribuidor de esta sustancia, la dosis típica varía entre 0,8 y 1,5 mg/l.

Nosotros vamos a escoger un valor medio de 1,15 mg/l. Y teniendo en cuenta que:

$$1,16 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \cdot \frac{1.000 \text{ cm}^3}{1 \text{ l}} = 1.160 \text{ g/l}$$

$$1,15 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \cdot \frac{1 \text{ g}}{1.000 \text{ mg}} = 0,00115 \text{ g/l}$$

Ahora vamos a determinar el caudal necesario para la dosificación del antiincrustante.

$$976,5625 \text{ m}^3/\text{h} + Q_d = Q_{ad}$$

$$976,5625 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0 + Q_d \cdot 1.160 \text{ g/l} = Q_{ad} \cdot 0,00115 \text{ g/l}$$

$$Q_d = 0,00097 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0232 \text{ m}^3/\text{dia}$$

De este modo obtenemos el caudal de hipoclorito sódico que debemos adicionar:

$$Q_d = 0,00097 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 1.000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} = 0,97 \text{ l/h}$$

## 5.2. Postratamiento

Los tratamientos adoptados en el postratamiento dependen del tipo de uso que se le quiera dar al agua desalada, en nuestro caso, dicha agua tendrá como objetivo el abastecimiento público sin mezcla, de modo que tendremos que adecuar el agua a las condiciones de la normativa vigente, R.D. 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

Esta norma exige unas condiciones similares a:

- $\text{TDS} < 500 \text{ ppm}$
- $\text{Na}^{2+} < 150 \text{ ppm}$
- $\text{Cl}^- < 200 \text{ ppm}$
- $60 \text{ mg/l de CaCO}_3$  (150 ppm de  $\text{CaCO}_3$ )
- pH entre 6,5 a 8,5

Así, podemos concluir que para nuestro caso será necesaria una remineralización, reajustándose el pH, y una desinfección.

### 5.2.1. Dosificación de Hidróxido cálcico (Remineralización)

El permeado que obtenemos de la ósmosis se encuentra con deficiencia de iones y con un pH bajo, para poder adecuar el agua a la normativa anteriormente mencionada, usaremos una dosificación de hidróxido cálcico ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), incrementando su pH hasta valores recomendados.

El hidróxido cálcico está disponible en estado sólido al 90% y una densidad de  $0,4 \text{ g/cm}^3$ . A partir del cual prepararemos una disolución al 10% con una densidad de  $1,06 \text{ g/cm}^3$ .

Ahora calcularemos la cantidad que tenemos que dosificar, que viene determinada por la cantidad de iones  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  presentes en el permeado, al añadir la cal la dureza irá alcanzando el valor recomendado por la normativa de 150 ppm de  $\text{CaCO}_3$ .

$$\text{DUREZA}(\text{ppm CaCO}_3) = \left( \frac{\text{ppm Ca}^{2+}}{\text{Pm Ca}^{2+}} + \frac{\text{ppm Mg}^{2+}}{\text{Pm Mg}^{2+}} \right) \times \text{Pm CaCO}_3 \quad [2.33.]$$

Tenemos que:

- Pm  $\text{Ca}^{2+}$  = 40,078 g/mol
- Pm  $\text{CaCO}_3$  = 100,0869 g/mol
- Pm  $\text{Mg}^{2+}$  = 24,3050 g/mol
- Pm  $\text{Ca(OH)}_2$  = 74,093 g/mol

$$150 = \left( \frac{\text{ppm Ca}^{2+}}{40,078} + \frac{\text{ppm Mg}^{2+}}{24,3050} \right) \times 100,0869$$

$$150 = 2,4973(\text{Ca}^{2+}_{\text{potable}}) + 4,117955(\text{Mg}^{2+}_{\text{potable}})$$

$$\text{Ca}^{2+}_{\text{potable}} = \text{Ca}^{2+}_{\text{permeado}} + \text{Ca}^{2+}_{\text{a dosificar}}$$

$$\text{Mg}^{2+}_{\text{potable}} = \text{Mg}^{2+}_{\text{permeado}}$$

En nuestro caso tendremos en el permeado:

$$\text{Ca}^{2+}_{\text{permeado}} = 2,4395 \text{ ppm} \qquad \text{Mg}^{2+}_{\text{permeado}} = 9,16 \text{ ppm}$$

Así, para que cumplamos con la normativa mencionada tendremos:

$$\text{Ca}^{2+}_{\text{potable}} = \left( \frac{150 - 4,117955 \cdot 9,16}{2,4973} \right) = 44,9604 \text{ ppm}$$

$$\text{Ca}^{2+}_{\text{a dosificar}} = \text{Ca}^{2+}_{\text{potable}} - \text{Ca}^{2+}_{\text{permeado}} = 44,9604 - 2,4395 = 42,521 \text{ ppm}$$

De modo que, la cantidad del ión calcio que tendremos que adicionar será:

$$\text{Ca(OH)}_{2(100\%)} = \frac{\text{Pm Ca(OH)}_2 \cdot \text{Ca}^{2+}_{\text{a dosificar}}}{\text{Pm Ca}^{2+}} = \frac{74,093 \cdot 42,521}{40,078} = 78,61 \text{ g/m}^3$$

Y por último, el caudal de lechada al 10% a suministrar será:

$$Q_{\text{lechada}} = \frac{78,61 \text{ g/m}^3 \cdot 19.687,5 \text{ m}^3/\text{dia}}{1,006 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3} = 1,54 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q_{\text{lechada}} = 1,54 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot \frac{1.000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} = 64,1 \text{ l/h}$$

### 5.2.2. Dosificación de Hipoclorito sódico (desinfección)

En el pretratamiento, al adicionar el bisulfito sódico disminuyó la concentración de cloro activo residual, así esta agua será propensa a la contaminación, por ello y porque es necesaria la presencia de cloro residual para poder llevar a cabo su abastecimiento, vamos a usar hipoclorito sódico (NaOCl).

Usaremos el mismo hipoclorito utilizado en el pretratamiento, junto con la misma dosis recomendada para su adición. Así tendremos:

$$19.687,5 \text{ m}^3/\text{dia} + Q_d = Q_{\text{ad}}$$

$$19.687,5 \text{ m}^3/\text{dia} \cdot 0 + Q_d \cdot 150 \text{ g/l} = Q_{\text{ad}} \cdot 0,003 \text{ g/l}$$

$$Q_d = 0,394 \text{ m}^3/\text{dia}$$

De este modo obtenemos el caudal de hipoclorito sódico que debemos adicionar:

$$Q_d = 0,394 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot 1.000 \frac{\text{l}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1 \text{ dia}}{24 \text{ h}} = 16,4 \text{ l/h}$$

## 6. DIMENSIONAMIENTO DE LOS DEPÓSITOS

### 6.1. Depósito inicial

En nuestro caso vamos a asegurar el aporte continuo y sin fluctuaciones a nuestras instalaciones con este depósito, instalándolo justo después de las bombas de captación.

Hay que tener en cuenta la capacidad que debe tener, para garantizar un mínimo de tiempo de funcionamiento de las bombas de captación. Vamos a tenerlo en cuenta para un tiempo de funcionamiento de 3 horas.

Por último, otro factor a tener en cuenta para su dimensionamiento es el caudal total de agua bruta necesaria en la planta, junto con el caudal de agua de limpieza de los filtros de arena, como el caudal de agua de operación es mayor que el de limpieza de los filtros en cualquiera de sus etapas, utilizamos el primero como partida para dimensionar el depósito.

$$V_{\text{deposito inicial}} = Q_{\text{bombas de captación}} \cdot t_{\text{funcionamiento estipulado}} \quad [2.34.]$$

Así que tenemos:

$$Q_{\text{captación}} = 46.875 \text{ m}^3/\text{día} = 1.953,125 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$T_{\text{funcionamiento estipulado}} = 3 \text{ horas}$$

Según la ecuación 2.34., obtenemos lo siguiente:

$$V_{\text{deposito inicial}} = 1.953,125 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot 3 \text{ h} = 5.859,375 \text{ m}^3 = 5.859.375 \text{ litros}$$

Se tratará de un depósito de hormigón armado, con cierto desnivel, de manera que se faciliten las tareas de limpieza.

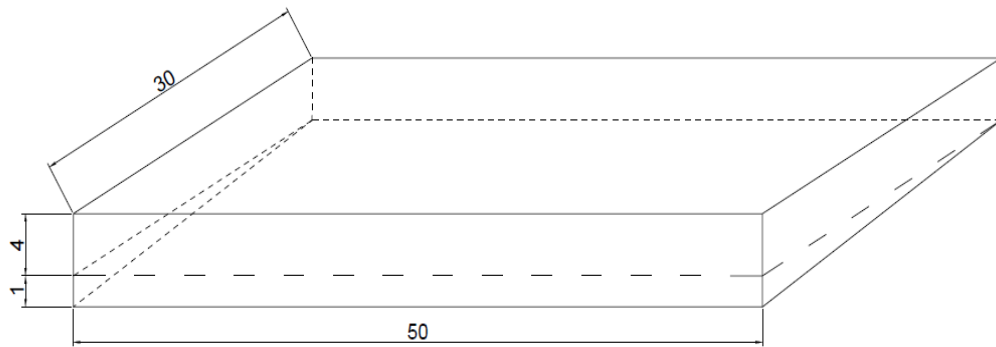


Figura 2. 10. Tanque inicial.

## 6.2. Depósito de agua producto

En este depósito se recogerá el agua producto procedente de la ósmosis, como el cálculo del tanque anterior, vamos a tener en cuenta que sea capaz de albergar la producción de un día durante 3 horas, y teniendo en cuenta que el caudal de agua producto es de 19.687,5 m<sup>3</sup>/día, nos queda lo siguiente:

$$V_{\text{deposito producto}} = 19.687,5 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 3\text{h} \cdot \frac{1\text{día}}{24\text{h}}$$

$$V_{\text{deposito producto}} = 2.460,9 \text{ m}^3 = 2.460.937 \text{ litros}$$

Para este caso, vamos a elegir dos tanques de PRFV del fabricante “AIQSA”, de modo que no estropee las características del agua producida.

Los tanques elegidos son de la serie BIG-TANK, con 1.250 m<sup>3</sup> de capacidad cada uno, los cuales tienen las siguientes dimensiones:

- Diámetro: 10 m
- Altura: 15,57 m

### 6.3. Cántara de captación

El volumen de la cántara de captación debe ser el adecuado para el abastecimiento durante 3 horas a la planta, de modo que:

$$V_{\text{cántara}} = Q_A \cdot 3h = 1.953,12 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 3h = 5.859,36 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta que para comodidad y mejor disposición en la planta optaremos por una cántara de captación de forma rectangular con unas medidas que pueda abarcar sin inconvenientes los 8 pozos de captación, de manera que según la ecuación siguiente:

$$V = A \cdot B \cdot C = 37 \cdot 20 \cdot 8 = 5.920 \text{ m}^3$$

Como vemos, para estas medidas, la capacidad del pozo es un poco superior al volumen calculado, así que éstas serán las dimensiones:

- Altura: 8 m
- Anchura: 20 m
- Longitud: 37 m

### 6.4. Depósito de equilibrio osmótico.

Una vez que el permeado sale del bastidor de ósmosis inversa es conducido al depósito de equilibrio osmótico, y de allí, al depósito de agua producto, para su posterior bombeo para su abastecimiento.

Como se detalla en la memoria descriptiva, este depósito permite el desplazamiento de la salmuera de los tubos de presión ante paradas fortuitas de la instalación así como el empape de las membranas en agua producto.

Partiendo de la idea de que los tubos de presión son cilíndricos, usaremos la ecuación del volumen de un cilindro, y sabiendo que estos tubos son de la serie “CODELINE

80E30” cuyas dimensiones son 7,645 metros de longitud y 0,209 metros de diámetro, tenemos:

$$V_{\text{tubos de presión}} = L \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 7,645 \cdot \pi \cdot \frac{(0,209)^2}{4} = 0,2623 \text{ m}^3$$

Como tenemos 144 tubos de presión:

$$V_{\text{depósito eq osmótico}} = V_{\text{tubos de presión}} \cdot N^{\circ} \text{ tubos} = 0,2623 \cdot 144 = 37,7712 \text{ m}^3 = 37.771,2 \text{ litros}$$

Para este caso, vamos a utilizar un depósito horizontal de PRFV, suministrado por “ATERMIC”, con capacidad para 40.000 litros, cuyas dimensiones son:

- Diámetro: 3,2 m
- Longitud: 5,46 m

## 6.5. Depósitos de productos químicos

Para el diseño de estos tanques, debemos tener en cuenta que nuestra instalación constará de dos líneas de operación, de modo que, estos tanques albergarán productos químicos para la adición de ambas líneas.

### 6.5.1. Depósito de Hipoclorito sódico (pretratamiento)

Este químico es utilizado en el pretratamiento químico como desinfectante, en una cantidad total de 39 l/h (0,94 m<sup>3</sup>/día).

Para el dimensionamiento del depósito como norma general, suelen tener capacidad para 20 días de dosificación, así su capacidad será:

$$V_{\text{depósito hipoclorito 1}} = 0,94 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 20 \text{ días} = 18,8 \text{ m}^3 = 18.800 \text{ litros}$$



El tanque que hemos seleccionado es tipo vertical con fondo plano de la empresa “ATERMIC”, fabricado de “PRFV” (plástico reforzado con fibra de vidrio). El depósito elegido será de 20.000 litros, con las siguientes dimensiones:

- Diámetro: 2,5 m
- Altura: 4,465

Con la siguiente ecuación vemos la autonomía que tendrá el tanque elegido.

$$\text{Autonomia} = \frac{\text{m}^3 \text{ del depósito elegido}}{\text{m}^3/\text{dia que vamos a dosificar}} = \frac{20 \text{ m}^3}{0,94 \text{ m}^3/\text{dia}} = 21 \text{ dias}$$

#### 6.5.2. Depósito de Ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico lo usamos en el pretratamiento químico para realizar un ajuste óptimo del pH. La dosificación de este químico es de 21,23 l/h (0,51 m<sup>3</sup>/día), de manera que para una capacidad de suministro de 20 días el depósito tendrá un volumen:

$$V_{\text{depósito ácido sulfúrico}} = 0,51 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot 20 \text{ dias} = 10,2 \text{ m}^3 = 10.200 \text{ litros}$$

El depósito seleccionado es del fabricante “AIQSA”, depósito vertical de fondo plano, de “PPAD” (Polipropileno de Alta Densidad). Como la cantidad que tenemos que almacenar es de 10.200 litros, vamos a elegir un tanque de 12.750 litros, siendo un tanque catalogado por la empresa, ahorrando costes si quisiéramos que fabricaran uno a medida. Así que tendrá las siguientes dimensiones.

- Diámetro: 1,91 m
- Altura: 4,5 m

La autonomía del tanque elegido será:

$$\text{Autonomia} = \frac{\text{m}^3 \text{ del depósito elegido}}{\text{m}^3/\text{dia que vamos a dosificar}} = \frac{12,75 \text{ m}^3}{0,51 \text{ m}^3/\text{dia}} = 25 \text{ dias}$$

### 6.5.3. Depósito de Bisulfito sódico

El bisulfito sódico es utilizado en el pretratamiento químico, en la fase de reducción-decloración, usaremos una cantidad de 14,26 l/h (0,3422 m<sup>3</sup>/día), y para ambas líneas de operación 28,52 l/h (0,6844 m<sup>3</sup>/día), y como hasta ahora, tendremos en cuenta los 20 días de operación.

$$V_{\text{depósito bisulfito sódico}} = 0,6844 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \cdot 20 \text{ días} = 13,688 \text{ m}^3 = 13.688 \text{ litros}$$

Hemos elegido un depósito del fabricante “ATERMIC”, el depósito es vertical de fondo plano fabricado de “PRFV”, hemos elegido uno con capacidad para 15.000 litros, catalogado por la empresa mencionada. Las dimensiones de dicho tanque son las siguientes:

- Diámetro: 2,5 m
- Altura: 3,445 m

La autonomía del depósito elegido será:

$$\text{Autonomía} = \frac{\text{m}^3 \text{ del depósito elegido}}{\text{m}^3/\text{día que vamos a dosificar}} = \frac{15 \text{ m}^3}{0,6844 \text{ m}^3/\text{día}} = 21 \text{ días}$$

### 6.5.4. Depósito de Antiincrustante

El antiincrustante que vamos a usar es Genesys SW, el cual es una disolución de un ácido policarboxílico neutralizado. Este compuesto es utilizado para evitar posibles incrustaciones.

La dosificación del antiincrustante es de 0,97 l/h (0,0232 m<sup>3</sup>/día) y para ambas líneas 1,94 l/h (0,0464 m<sup>3</sup>/día), además tenemos en cuenta los 20 días de autonomía que estamos suponiendo en todos los casos y nos queda:

$$V_{\text{antiincrustante}} = 0,0464 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot 20 \text{ dias} = 0,928 \text{ m}^3 = 928 \text{ litros}$$

Como los tanques anteriores hemos seleccionado un tanque vertical de fondo plano de “PRFV”, de la empresa “ATERMIC”. En este caso lo hemos elegido con una capacidad de 1.000 litros, al ser el menor de este tipo de tanques que la empresa tiene catalogado. Las dimensiones del depósito serán las siguientes:

- Diámetro: 1 m
- Altura: 1,495 m

La autonomía del depósito escogido será de:

$$\text{Autonomia} = \frac{\text{m}^3 \text{ del depósito elegido}}{\text{m}^3/\text{dia que vamos a dosificar}} = \frac{1 \text{ m}^3}{0,0464 \text{ m}^3/\text{dia}} = 21 \text{ dias}$$

#### 6.5.5. Depósito de Hidróxido cálcico

Este químico es utilizado para llevar al pH a valores adecuados según la normativa vigente respecto a este tema. Así como hasta ahora, el depósito vendrá en función del volumen de químico que estemos adicionando. De modo que, el consumo calculado es de 64,1 l/h (1,54 m<sup>3</sup>/día), teniendo en cuenta la autonomía de 20 días que estamos aplicando, nos lleva al volumen de depósito siguiente.

$$V_{\text{depósito hidr óxido cálcico}} = 1,54 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot 20 \text{ dias} = 30,8 \text{ m}^3 = 30.800 \text{ litros}$$

El depósito escogido es de 35.000 litros de capacidad, de la empresa “ATERMIC”, vertical y fabricado de “PRFV”. El depósito tendrá unas dimensiones:

- Diámetro: 3,2 m
- Altura: 4,855 m

La autonomía del depósito escogido será:

$$\text{Autonomia} = \frac{\text{m}^3 \text{ del depósito elegido}}{\text{m}^3/\text{dia que vamos a dosificar}} = \frac{35 \text{ m}^3}{1,54 \text{ m}^3/\text{dia}} = 22 \text{ dias}$$

#### 6.5.6. Depósito de Hipoclorito sódico (postratamiento)

Este químico es utilizado en esta etapa como desinfectante y para la adecuación del agua para su posterior abastecimiento.

Se adiciona en cantidades de 16,4 l/h (0,394 m<sup>3</sup>/día), teniendo en cuenta los 20 días de dosificación que estamos planteando, nos queda:

$$V_{\text{depósito hipoclorito sódico}} = 0,394 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}} \cdot 20 \text{ dias} = 7,88 \text{ m}^3 = 7.880 \text{ litros}$$

El depósito que hemos seleccionado es como los anteriores, del fabricante “ATERMIC” y de las mismas características. Hemos elegido un tanque con capacidad para 8.000 litros, catalogado por dicha empresa, con las siguientes dimensiones:

- Diámetro: 2 m
- Altura: 2,955 m

Para el depósito escogido tendremos una autonomía:

$$\text{Autonomia} = \frac{\text{m}^3 \text{ del depósito elegido}}{\text{m}^3/\text{dia que vamos a dosificar}} = \frac{8 \text{ m}^3}{0,394 \text{ m}^3/\text{dia}} = 20 \text{ dias}$$

## 7. DIMENSIONADO DEL SISTEMA HIDRÁULICO

### 7.1. Dimensionado de las tuberías

Hemos dividido la planta en dos zonas, la zona de alta presión y la zona de baja presión. De este modo, usaremos en la zona de alta presión acero AISI 316L para que soporten mejor las condiciones a las que estarán sujetas estas tuberías, y para la zona de baja presión usaremos “PRFV” (Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio). Debemos tener en cuenta que para diámetros menores de 4 pulgadas las tuberías de PRFV deben ser de PVC, y que para el caso de la dosificación de los químicos usaremos tuberías de polipropileno. La tabla que se muestra a continuación recoge los tramos de tuberías que van a dimensionarse junto con su correspondiente nomenclatura.

DESIGNACIÓN	TRAMO
AM-200-10-PRFV-1	Aspiración de las bombas de captación
AM-200-10-PRFV-2	Impulsión de las bombas de captación
AM-500-10-PRFV-3	Colector de impulsión de las bombas de captación
AM-350-10-PRFV-4	Colector de alimentación a los filtros de arena
AM-200-10-PRFV-5	Derivaciones a filtros de arena
AM/AF-350-10-PRFV-6	Bypass a filtros de arena y colector de salida de filtros de arena
AF-200-10-PRFV-7	Lavado de filtros de arena
AF-200-10-PRFV-8	Salida de filtros de arena
AF-150-10-PRFV-9	Derivaciones a filtros de cartucho
AF-350-10-PRFV-10	Bypass a filtros de cartucho
AF-150-10-PRFV-11	Salida de filtros de cartucho
AF-350-10-PRFV-12	Colector de salida de filtros de cartucho
AP-40-10-PVC-13	Permeado de los tubos de presión
AP-150-10-PRFV-14	Colectores verticales de salida de permeado
AP-250-10-PRFV-15	Colector general de permeado hasta unión
AP-350-10-PRFV-16	Colector general de permeado a tanque de equilibrio

	osmótico
<b>AP-350-10-PRFV-17</b>	Permeado para el lavado químico
<b>ALQ-350-10-PRFV-18</b>	Salida del depósito de lavado químico
<b>ALQ-250-10-PRFV-19</b>	Colector a filtros de cartucho en L.Q.
<b>ALQ-250-10-PRFV-20</b>	Bypass en filtros de cartucho del L.Q.
<b>ALQ-150-10-PRFV-21</b>	Derivaciones a filtros de cartucho en L.Q.
<b>ALQ-150-10-PRFV-22</b>	Salida de filtros de cartucho en L.Q.
<b>ALQ-250-10-PRFV-23</b>	Salida de filtros de cartucho en L.Q. antes de la bomba de alta presión
<b>ALQ-250-10-PRFV-24</b>	Salida de filtros de cartucho en L.Q. después de la bomba de alta presión
<b>APR-350-10-PRFV-25</b>	Colector a tanques de agua producto
<b>APR-350-10-PRFV-26</b>	Salida de los depósitos de agua producto para abastecimiento
<b>AF-300-10-PRFV-27</b>	Entrada de agua a baja presión a intercambiadores de presión
<b>AF-50-10-PVC-28</b>	Derivaciones a intercambiadores de presión
<b>AP-50-10-PVC-29</b>	Salida de salmuera de los intercambiadores de presión
<b>AR-300-10-PRFV-30</b>	Rechazo de los intercambiadores de presión hasta bomba de impulsión
<b>AR-400-10-PRFV-31</b>	Rechazo de los intercambiadores de presión hasta vertido al mar
<b>AR-300-10-PRFV-32</b>	Salida de rechazo de salmuera en la 2ª línea de operación
<b>AF-350-sch40-316L-33</b>	Salida de las bombas de alta presión
<b>AF-250-sch40-316L-34</b>	Colectores verticales para acometida a tubos de presión
<b>AF-50-sch40-316L-35</b>	Acometida a los tubos de presión
<b>AR-40-sch40-316L-36</b>	Salida de salmuera de la ósmosis
<b>AR-200-sch40-316L-37</b>	Colectores verticales de salida de salmuera

<b>AR-300-sch40-316L-38</b>	Colector general de salmuera a intercambiadores de presión
<b>AR-80-sch40-316L-39</b>	Derivaciones de salmuera a intercambiadores de presión
<b>AF-80-sch40-316L-40</b>	Salida de intercambiadores de presión de agua a alta presión
<b>AF-300-sch40-316L-41</b>	Salida de agua a alta presión a bomba booster
<b>AF-300-sch40-316L-42</b>	Impulsión de bomba booster
<b>AR-300-sch40-316L-43</b>	Bypass de rechazo antes de intercambiadores de presión
<b>AR-300-sch40-316L-44</b>	Rechazo para lavado químico

Tabla 2. 5. Tramos y designación de las tuberías de la planta.

### 7.1.1. Tuberías de baja presión

Para llevar a cabo el cálculo de estas tuberías necesitaremos conocer la velocidad de fluido (la cual supondremos), el caudal y el número de tuberías, junto con las características del fabricante. De este modo calcularemos el diámetro de la tubería (siendo el diámetro nominal del fabricante justo por encima al calculado).

Las ecuaciones que vamos a utilizar para el dimensionamiento de las tuberías son:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} \quad [2.35.]$$

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e \quad [2.36.]$$

$$v = \frac{Q}{A} \quad [2.37.]$$

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad [2.38.]$$

Vamos a realizar el cálculo para una línea a modo de ejemplo, de manera que pueda contemplarse la manera de realizar los cálculos, siendo de la misma manera para las demás líneas.

➤ Aspiración de las bombas de captación.

Designación de la línea: AM-200-10-PRFV-1.

Debemos conocer el caudal de alimentación de la planta y el caudal de lavado de los filtros de arena, podemos obtener un caudal por cada pozo.

$$Q_{\text{alimentación}} = 46.875 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\substack{\text{fase 1 lavado} \\ \text{de filtros de arena}}} = 38.131,2 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\substack{\text{fase 2 lavado} \\ \text{de filtros de arena}}} = 25.420,8 \text{ m}^3/\text{día}$$

Como podemos observar ambos caudales de limpieza de los filtros de arena son menores que el de alimentación de operación, de modo que si se diese el caso de que un filtro de arena estuviese en modo limpieza el caudal que pasaría por éste sería menor que el de alimentación de operación, así que en este caso usaremos el caudal de operación habitual como caudal de partida.

El caudal típico de los pozos en este tipo de instalaciones suele ser de  $6.000 \text{ m}^3/\text{día}$ , así que tenemos:

$$N^{\circ} \text{ pozos planta} = \frac{Q_T}{Q_{\text{pozo}}} = \frac{46.875}{6.000} = 7,8 \approx 8 \text{ pozos}$$

Con esto, podemos decir que se instalarán 8 pozos, más uno de reserva, con sus respectivas bombas de captación, cuyo caudal por cada pozo será:



$$Q_{\text{pozo}} = \frac{Q_{\text{alimentación}}}{N^{\circ} \text{ pozos}} = \frac{46.875}{8} = 5.859,375 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{pozo}} = 5.859,375 \text{ m}^3/\text{día} = 244,14 \text{ m}^3/\text{h} = 0,06782 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ya conocemos el caudal por cada pozo, suponemos una velocidad típica de 3 m/s y calculamos el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06782}{\pi \cdot 3}} = 0,1697 \text{ m} = 169,7 \text{ mm} = 6,68 \text{ inch}$$

Como  $D=6,68 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el “PRFV”. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 200
- Dext (mm): 222
- Espesor (mm): 4,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 222 - 2 \cdot 4,1 = 213,8 \text{ mm} = 0,2138 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso, de manera que si es así, la velocidad recalculada debe ser menor que la supuesta.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2138^2}{4} = 0,0359 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,06782}{0,0359} = 1,889 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Impulsión de las bombas de captación.

Designación de la línea: AM-200-10-PRFV-2.

En este caso tendremos un caudal:

$$Q_{\text{impulsión bomba}} = 5.859,375 \text{ m}^3/\text{día} = 244,14 \text{ m}^3/\text{h} = 0,06782 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos una velocidad típica de 3 m/s y calculamos el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06782}{\pi \cdot 3}} = 0,1697 \text{ m} = 169,7 \text{ mm} = 6,68 \text{ inch}$$

Como  $D=6,68 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el “PRFV”. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 200
- Dext (mm): 222
- Espesor (mm): 4,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 222 - 2 \cdot 4,1 = 213,8 \text{ mm} = 0,2138 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso, de manera que si es así, la velocidad recalculada debe ser menor que la supuesta.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2138^2}{4} = 0,0359 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,06782}{0,0359} = 1,889 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Colector de impulsión de las bombas de captación.

Designación de la línea: AM-500-10-PRFV-3.

El caudal que circula por el colector de impulsión de las bombas de captación es:

$$Q_{\text{colector salida bombas}} = 46.875 \text{ m}^3/\text{día} = 1.953,125 \text{ m}^3/\text{h} = 0,5425 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,5425}{\pi \cdot 3}} = 0,4799 \text{ m} = 479,9 \text{ mm} = 18,89 \text{ inch}$$

Como  $D=18,89 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 500
- Dext (mm): 532
- Espesor (mm): 11

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 532 - 2 \cdot 11 = 510 \text{ mm} = 0,51 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,51^2}{4} = 0,2043 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,5425}{0,2043} = 2,66 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Colector de alimentación a filtros de arena.

Designación de la línea: AM-350-10-PRFV-4.

El caudal que circula por este colector es:

$$Q_{\substack{\text{alimentación} \\ \text{a filtros de arena}}} = 23.437,5 \text{ m}^3/\text{día} = 976,5625 \text{ m}^3/\text{h} = 0,2713 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2713}{\pi \cdot 3}} = 0,3393 \text{ m} = 339,3 \text{ mm} = 13,36 \text{ inch}$$

Como  $D=13,36 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 350
- Dext (mm): 378
- Espesor (mm): 7,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 378 - 2 \cdot 7,5 = 363 \text{ mm} = 0,363 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,363^2}{4} = 0,1035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,2713}{0,1035} = 2,62 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Derivaciones a filtros de arena.

Designación de la línea: AM-200-10-PRFV-5.

Para saber el caudal que circula por este tramo de tubería, debemos tener en cuenta el número de filtros de arena instalados, llevando a un caudal:

$$Q_{\text{filtros de arena}} = \frac{Q_{\text{alimentación}}}{N^{\circ} \text{ de filtros}} = \frac{23.437,5 \text{ m}^3/\text{día}}{4} = 5.859,375 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{filtros de arena}} = 5.859,375 \text{ m}^3/\text{día} = 244,14 \text{ m}^3/\text{h} = 0,06782 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06782}{\pi \cdot 3}} = 0,1697 \text{ m} = 169,7 \text{ mm} = 6,68 \text{ inch}$$

Como  $D=6,68 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 200

- Dext (mm): 222
- Espesor (mm): 4,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 222 - 2 \cdot 4,1 = 213,8 \text{ mm} = 0,2138 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2138^2}{4} = 0,0359 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,06782}{0,0359} = 1,889 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Bypass a filtros de arena y colector de salida de filtros de arena.

Designación de la línea: AM/AF-350-10-PRFV-6.

El caudal que circula por este colector es:

$$Q_{\text{salida de filtros de arena}} = 23.437,5 \text{ m}^3/\text{día} = 976,5625 \text{ m}^3/\text{h} = 0,2713 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2713}{\pi \cdot 3}} = 0,3393 \text{ m} = 339,3 \text{ mm} = 13,36 \text{ inch}$$

Como  $D=13,36 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 350
- Dext (mm): 378
- Espesor (mm): 7,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 378 - 2 \cdot 7,5 = 363 \text{ mm} = 0,363 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,363^2}{4} = 0,1035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,2713}{0,1035} = 2,62 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Lavado de filtros de arena.

Designación de la línea: AF-200-10-PRFV-7.

En la etapa de lavado de los filtros de arena nos encontramos con dos fases con distintos caudales:

$$Q_{\text{lavado}} = 134,4 \text{ m}^3/\text{h} \qquad Q_{\text{aclarado}} = 198,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Para el dimensionamiento de este tramo usaremos el mayor de los dos caudales, asegurando que ambas fases de lavado puedan llevarse a cabo a través de la misma tubería, por lo tanto, el caudal a emplear será:

$$Q_{\text{lavado}}^{\text{filtros}} = 198,6 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0552 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0552}{\pi \cdot 3}} = 0,153 \text{ m} = 153 \text{ mm} = 6,02 \text{ inch}$$

Como  $D=6,02 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 200
- Dext (mm): 222
- Espesor (mm): 4,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 222 - 2 \cdot 4,1 = 213,8 \text{ mm} = 0,2138 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2138^2}{4} = 0,0359 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0552}{0,0359} = 1,54 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Salida de filtros de arena.

Designación de la línea: AF-200-10-PRFV-8.

El caudal que circula por este tramo de tubería es:



$$Q_{\text{salida filtros de arena}} = 5.859,375 \text{ m}^3/\text{día} = 244,14 \text{ m}^3/\text{h} = 0,06782 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06782}{\pi \cdot 3}} = 0,1697 \text{ m} = 169,7 \text{ mm} = 6,68 \text{ inch}$$

Como  $D=6,68 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 200
- Dext (mm): 222
- Espesor (mm): 4,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 222 - 2 \cdot 4,1 = 213,8 \text{ mm} = 0,2138 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2138^2}{4} = 0,0359 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,06782}{0,0359} = 1,889 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Derivaciones a filtros de cartuchos.

Designación de la línea: AF-150-10-PRFV-9.

El caudal que circula por este tramo de tubería es:

$$Q_{\text{filtros de cartuchos}} = \frac{Q_{\text{total}}}{N^{\circ} \text{ de filtros}} = \frac{23.437,5 \text{ m}^3/\text{día}}{6} = 3.906,25 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{filtros de cartuchos}} = 3.906,25 \text{ m}^3/\text{día} = 162,76 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0452 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal de cada filtro, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0452}{\pi \cdot 3}} = 0,13852 \text{ m} = 138,52 \text{ mm} = 5,45 \text{ inch}$$

Como  $D=5,45 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 150
- Dext (mm): 170
- Espesor (mm): 3,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 170 - 2 \cdot 3,1 = 163,8 \text{ mm} = 0,1638 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,1638^2}{4} = 0,02107 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0452}{0,02107} = 2,14 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Bypass a filtros de cartucho.

Designación de la línea: AF-350-10-PRFV-10.

El caudal que circula por este tramo es:

$$Q_{\substack{\text{salida de} \\ \text{filtros de arena}}} = 23.437,5 \text{ m}^3/\text{día} = 976,5625 \text{ m}^3/\text{h} = 0,2713 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2713}{\pi \cdot 3}} = 0,3393 \text{ m} = 339,3 \text{ mm} = 13,36 \text{ inch}$$

Como  $D=13,36 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar es el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 350
- Dext (mm): 378
- Espesor (mm): 7,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 378 - 2 \cdot 7,5 = 363 \text{ mm} = 0,363 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,363^2}{4} = 0,1035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,2713}{0,1035} = 2,62 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Salida de filtros de cartuchos.

Designación de la línea: AF-150-10-PRFV-11.

El caudal que circula por este tramo de tubería es:

$$Q_{\text{filtros de cartuchos}} = \frac{Q_{\text{total}}}{N^{\circ} \text{ de filtros}} = \frac{23.437,5 \text{ m}^3/\text{día}}{6} = 3.906,25 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{filtros de cartuchos}} = 3.906,25 \text{ m}^3/\text{día} = 162,76 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0452 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal de cada filtro, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0452}{\pi \cdot 3}} = 0,13852 \text{ m} = 138,52 \text{ mm} = 5,45 \text{ inch}$$

Como  $D=5,45 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 150
- Dext (mm): 170
- Espesor (mm): 3,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 170 - 2 \cdot 3,1 = 163,8 \text{ mm} = 0,1638 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,1638^2}{4} = 0,02107 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0452}{0,02107} = 2,14 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Colector de salida de los filtros de cartuchos.

Designación de la línea: AF-350-10-PRFV-12.

El caudal que circula por este tramo es:

$$Q_{\text{salida de filtros de arena}} = 23.437,5 \text{ m}^3/\text{día} = 976,5625 \text{ m}^3/\text{h} = 0,2713 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2713}{\pi \cdot 3}} = 0,3393 \text{ m} = 339,3 \text{ mm} = 13,36 \text{ inch}$$

Como  $D=13,36 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar es el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 350
- Dext (mm): 378
- Espesor (mm): 7,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 378 - 2 \cdot 7,5 = 363 \text{ mm} = 0,363 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,363^2}{4} = 0,1035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,2713}{0,1035} = 2,62 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Permeado de los tubos a presión.

Designación de la línea: AP-40-10-PVC-13.

El caudal que circula por este tramo es:

$$\begin{aligned} Q_{\text{permeado}} &= \frac{Q_{\text{permeado}}}{\text{N}^{\circ} \text{ de tubos a presión}} = \frac{410,16}{72} = 5,697 \text{ m}^3/\text{h} \\ &= 0,00158 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00158}{\pi \cdot 3}} = 0,0259 \text{ m} = 25,9 \text{ mm} = 1,02 \text{ inch}$$

Como  $D=1,02 \text{ inch} < 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar es el PVC. Hemos escogido una tubería del fabricante “PLOMYPLAS”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 40
- Dext (mm): 76
- Espesor (mm): 1,9

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 76 - 2 \cdot 1,9 = 72,2 \text{ mm} = 0,0722 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,0722^2}{4} = 0,00409 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00158}{0,00409} = 0,322 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Colectores verticales de salida del permeado.

Designación de la línea: AP-150-10-PRFV-14.

Teniendo en cuenta que tenemos 4 colectores verticales en cada línea, el caudal que circula por este colector es:

$$Q_{\text{colector vertical de salida permeado}} = 2.460,96 \text{ m}^3/\text{día} = 102,54 \text{ m}^3/\text{h} = 0,02848 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,02848}{\pi \cdot 3}} = 0,1099 \text{ m} = 109,9 \text{ mm} = 4,33 \text{ inch}$$

Como  $D=4,33 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 150
- Dext (mm): 170
- Espesor (mm): 3,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 170 - 2 \cdot 3,1 = 163,8 \text{ mm} = 0,1638 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,1638^2}{4} = 0,0211 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,02848}{0,0211} = 1,35 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Colector general de permeado hasta unión.

Designación de la línea: AP-250-10-PRFV-15.

Teniendo en cuenta que tenemos 4 colectores verticales en cada línea, el caudal que circula por este colector es:

$$Q_{\text{colector de permeado}} = 9.843,75 \text{ m}^3/\text{día} = 410,16 \text{ m}^3/\text{h} = 0,11393 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.



$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,11393}{\pi \cdot 3}} = 0,2199 \text{ m} = 219,9 \text{ mm} = 8,66 \text{ inch}$$

Como  $D=8,66 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 250
- Dext (mm): 272
- Espesor (mm): 5,7

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 272 - 2 \cdot 5,7 = 260,6 \text{ mm} = 0,2606 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2606^2}{4} = 0,0533 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,11393}{0,0533} = 2,14 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Colector general de permeado a tanque de equilibrio osmótico.

Designación de la línea: AP-350-10-PRFV-16.

El caudal que circula por este colector es:

$$Q_{\text{colector general de permeado}} = 19.687,5 \text{ m}^3/\text{día} = 820,3125 \text{ m}^3/\text{h} = 0,22786 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,22786}{\pi \cdot 3}} = 0,31098 \text{ m} = 310,98 \text{ mm} = 12,24 \text{ inch}$$

Como  $D=12,24 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 350
- Dext (mm): 378
- Espesor (mm): 7,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 378 - 2 \cdot 7,5 = 363 \text{ mm} = 0,363 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,363^2}{4} = 0,1035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,22786}{0,1035} = 2,2 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Permeado para el lavado químico.

Designación de la línea: AP-350-10-PRFV-17.

Normalmente los fabricantes son los que estipulan el caudal por cada tubo de presión que debe usarse, siempre dentro de un intervalo entre 5 y 9 m<sup>3</sup>/h, para este caso y el producto escogido, tenemos un caudal de 5,5 m<sup>3</sup>/h por cada tubo.

$$\begin{aligned} Q_{\text{permeado lavado químico}} &= Q_{\text{por cada tubo}} \cdot \text{N}^{\circ} \text{ de tubos en cada línea} = 5,5 \cdot 144 \\ &= 792 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{permeado lavado químico}} = 792 \text{ m}^3/\text{h} = 0,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,22}{\pi \cdot 3}} = 0,3056 \text{ m} = 305,6 \text{ mm} = 12,03 \text{ inch}$$

Como D=12,03 inch > 4 inch, el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 350
- Dext (mm): 378
- Espesor (mm): 7,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 378 - 2 \cdot 7,5 = 363 \text{ mm} = 0,363 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,363^2}{4} = 0,1035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,22}{0,1035} = 2,13 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Salida del depósito de lavado químico.

Designación de la línea: ALQ-350-10-PRFV-18.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\substack{\text{salida} \\ \text{lavado químico}}} = 792 \text{ m}^3/\text{h} = 0,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,22}{\pi \cdot 3}} = 0,3056 \text{ m} = 305,6 \text{ mm} = 12,03 \text{ inch}$$

Como  $D=12,03 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar es el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 350
- Dext (mm): 378
- Espesor (mm): 7,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 378 - 2 \cdot 7,5 = 363 \text{ mm} = 0,363 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,363^2}{4} = 0,1035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,22}{0,1035} = 2,13 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Colector a filtros de cartucho en el L.Q.

Designación de la línea: ALQ-250-10-PRFV-19.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{colector a filtros en L.Q.}} = 9.843,75 \text{ m}^3/\text{día} = 410,16 \text{ m}^3/\text{h} = 0,11393 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,11393}{\pi \cdot 3}} = 0,2199 \text{ m} = 219,9 \text{ mm} = 8,66 \text{ inch}$$

Como  $D=8,66 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 250
- Dext (mm): 272
- Espesor (mm): 5,7

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 272 - 2 \cdot 5,7 = 260,6 \text{ mm} = 0,2606 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2606^2}{4} = 0,0533 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,11393}{0,0533} = 2,14 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Bypass en filtros de cartucho del L.Q.

Designación de la línea: ALQ-250-10-PRFV-20.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{bypass a filtros en L.Q.}} = 9.843,75 \text{ m}^3/\text{día} = 410,16 \text{ m}^3/\text{h} = 0,11393 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,11393}{\pi \cdot 3}} = 0,2199 \text{ m} = 219,9 \text{ mm} = 8,66 \text{ inch}$$

Como  $D=8,66 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar es el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 250
- Dext (mm): 272
- Espesor (mm): 5,7

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 272 - 2 \cdot 5,7 = 260,6 \text{ mm} = 0,2606 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2606^2}{4} = 0,0533 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,11393}{0,0533} = 2,14 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Derivaciones a filtro de cartucho en limpieza química.

Designación de la línea: ALQ-150-10-PRFV-21.

El caudal que circula por este tramo es:

$$Q_{\text{alimentación a filtros de cartuchos}} = \frac{Q_{\text{impulsión bomba de alimentación}}}{\text{Nº portafiltros}} = \frac{0,11393 \text{ m}^3/\text{s}}{3} = 0,03797 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,03797}{\pi \cdot 3}} = 0,12695 \text{ m} = 126,95 \text{ mm} = 4,998 \text{ inch}$$

Como  $D=4,998 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10 y con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 150
- Dext (mm): 170

- Espesor (mm): 3,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 170 - 2 \cdot 3,1 = 163,8 \text{ mm} = 0,1638 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,1638^2}{4} = 0,0211 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,03797}{0,0211} = 1,79 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Salida de filtros de cartucho.

Designación de la línea: ALQ-150-10-PRFV-22.

El caudal que circula por este tramo es:

$$Q_{\text{alimentación a filtros de cartuchos}} = \frac{Q_{\text{impulsión bomba de alimentación}}}{\text{Nº portafiltros}} = \frac{0,11393 \text{ m}^3/\text{s}}{3} = 0,03797 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,03797}{\pi \cdot 3}} = 0,12695 \text{ m} = 126,95 \text{ mm} = 4,998 \text{ inch}$$

Como  $D=4,998 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10 y con unas dimensiones mostradas a continuación.



- DN (mm): 150
- Dext (mm): 170
- Espesor (mm): 3,1

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 170 - 2 \cdot 3,1 = 163,8 \text{ mm} = 0,1638 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,1638^2}{4} = 0,0211 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,03797}{0,0211} = 1,79 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Salida de filtro en limpieza química antes de las bombas de alta presión.

Designación de la línea: ALQ-250-10-PRFV-23.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\substack{\text{salida L.Q.} \\ \text{antes de la b.p.}}} = 9.843,75 \text{ m}^3/\text{día} = 410,16 \text{ m}^3/\text{h} = 0,11393 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,11393}{\pi \cdot 3}} = 0,2199 \text{ m} = 219,9 \text{ mm} = 8,66 \text{ inch}$$

Como  $D=8,66 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 250
- Dext (mm): 272
- Espesor (mm): 5,7

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 272 - 2 \cdot 5,7 = 260,6 \text{ mm} = 0,2606 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2606^2}{4} = 0,0533 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,11393}{0,0533} = 2,14 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Salida de filtro después de las bombas de alta presión.

Designación de la línea: ALQ-250-10-PRFV-24

. El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{salida L.Q. después de b.p.}} = 9.843,75 \text{ m}^3/\text{día} = 410,16 \text{ m}^3/\text{h} = 0,11393 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,11393}{\pi \cdot 3}} = 0,2199 \text{ m} = 219,9 \text{ mm} = 8,66 \text{ inch}$$

Como  $D=8,66 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 250
- Dext (mm): 272
- Espesor (mm): 5,7

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 272 - 2 \cdot 5,7 = 260,6 \text{ mm} = 0,2606 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,2606^2}{4} = 0,0533 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,11393}{0,0533} = 2,14 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Colector a tanques de agua producto.

Designación de la línea: APR-350-10-PRFV-25.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{colector a tanques producto}} = 19.687,5 \text{ m}^3/\text{h} = 820,3125 \text{ m}^3/\text{h} = 0,22786 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,22786}{\pi \cdot 3}} = 0,31098 \text{ m} = 310,98 \text{ mm} = 12,24 \text{ inch}$$

Como  $D=12,24 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 350
- Dext (mm): 378
- Espesor (mm): 7,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 378 - 2 \cdot 7,5 = 363 \text{ mm} = 0,363 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,363^2}{4} = 0,1035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,22786}{0,1035} = 2,2 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Salida de los depósitos de agua producto para abastecimiento.

Designación de la línea: APR-350-10-PRFV-26.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{colector a abastecimiento}} = 19.687,5 \text{ m}^3/\text{h} = 820,3125 \text{ m}^3/\text{h} = 0,22786 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,22786}{\pi \cdot 3}} = 0,31098 \text{ m} = 310,98 \text{ mm} = 12,24 \text{ inch}$$

Como  $D=12,24 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 350
- Dext (mm): 378
- Espesor (mm): 7,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 378 - 2 \cdot 7,5 = 363 \text{ mm} = 0,363 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,363^2}{4} = 0,1035 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,22786}{0,1035} = 2,2 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Entrada agua de baja presión a intercambiadores de presión.

Designación de la línea: AF-300-10-PRFV-27.

El caudal de este tramo de tubería será el que imponga la corriente de rechazo, ya que deberá bañar a los intercambiadores que esta corriente sea capaz de abastecer, así que será la misma cantidad para el agua de alimentación a baja presión.

$$Q_{\text{entrada agua de baja a interc.}} = 566,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1573 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1573}{\pi \cdot 3}} = 0,25841 \text{ m} = 258,41 \text{ mm} = 10,17 \text{ inch}$$

Como  $D=10,17 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 300
- Dext (mm): 326
- Espesor (mm): 6,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 326 - 2 \cdot 6,5 = 313 \text{ mm} = 0,313 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,313^2}{4} = 0,0769 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1573}{0,0769} = 2,04 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Derivaciones a intercambiadores de presión.

Designación de la línea: AF-50-10-PVC-28.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{por interc.}} = \frac{Q_{\text{entrada agua de baja a interc.}}}{\text{Nº interc.}} = \frac{566,4}{11} = 51,91 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{por interc.}} = 51,91 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0143 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0143}{\pi \cdot 3}} = 0,07791 \text{ m} = 77,91 \text{ mm} = 3,07 \text{ inch}$$

Como  $D=3,07 \text{ inch} < 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PVC. Hemos escogido una tubería del fabricante “PLOMYPLAS”, PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 50
- Dext (mm): 120
- Espesor (mm): 2,4

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 120 - 2 \cdot 2,4 = 115,2 \text{ mm} = 0,1152 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,1152^2}{4} = 0,01042 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0143}{0,01042} = 1,37 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Salida salmuera de los intercambiadores de presión.

Designación de la línea: AR-50-10-PVC-29.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{por interc.}} = \frac{Q_{\text{entrada agua de baja a interc.}}}{N^{\circ} \text{ interc.}} = \frac{566,4}{11} = 51,91 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{\text{por interc.}} = 51,19 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0143 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0143}{\pi \cdot 3}} = 0,07791 \text{ m} = 77,91 \text{ mm} = 3,07 \text{ inch}$$

Como  $D=3,07 \text{ inch} < 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PVC. Hemos escogido una tubería del fabricante “PLOMYPLAS”, PN10, con unas dimensiones que se muestran a continuación.

- DN (mm): 50
- Dext (mm): 120
- Espesor (mm): 2,4

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 120 - 2 \cdot 2,4 = 115,2 \text{ mm} = 0,1152 \text{ m}$$



Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,1152^2}{4} = 0,01042 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0143}{0,01042} = 1,37 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Rechazo de los intercambiadores de presión hasta bomba de impulsión.

Designación de la línea: AR-300-10-PRFV-30.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{salida rechazo de interc.}} = 566,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1573 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1573}{\pi \cdot 3}} = 0,25841 \text{ m} = 258,41 \text{ mm} = 10,17 \text{ inch}$$

Como  $D=10,17 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar es el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 300
- Dext (mm): 326
- Espesor (mm): 6,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 326 - 2 \cdot 6,5 = 313 \text{ mm} = 0,313 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,313^2}{4} = 0,0769 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1573}{0,0769} = 2,04 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Rechazo de los intercambiadores de presión hasta vertido al mar.

Designación de la línea: AR-400-10-PRFV-31.

El caudal de este tramo de tubería será la suma de los rechazos de la salmuera de ambas líneas de operación:

$$Q_{\text{vertido mar}} = Q_{\text{rechazo salmuera}} \cdot 2 = 13.593,75 \cdot 2 = 27.187,5 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_{\text{vertido mar}} = 27.187,5 \text{ m}^3/\text{día} = 1.132,8125 \text{ m}^3/\text{h} = 0,31467 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,31467}{\pi \cdot 3}} = 0,36544 \text{ m} = 365,44 \text{ mm} = 14,387 \text{ inch}$$

Como  $D=14,387 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 400
- Dext (mm): 429
- Espesor (mm): 8,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 429 - 2 \cdot 8,5 = 412 \text{ mm} = 0,412 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,412^2}{4} = 0,1333 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,31467}{0,1333} = 2,36 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

➤ Salida de rechazo de salmuera en la 2ª línea de operación.

Designación de la línea: AR-300-10-PRFV-32.

El caudal de este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{salida 2ª línea de operación}} = 566,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1573 \text{ m}^3/\text{s}$$

Suponemos la velocidad de 3 m/s y como conocemos el caudal del colector, podemos calcular el diámetro de la tubería en cuestión.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1573}{\pi \cdot 3}} = 0,25841 \text{ m} = 258,41 \text{ mm} = 10,17 \text{ inch}$$

Como  $D=10,17 \text{ inch} > 4 \text{ inch}$ , el material que vamos a usar el PRFV. Hemos escogido una tubería del fabricante “PETROFISA”, SN 10.000 y PN10, con unas dimensiones mostradas a continuación.

- DN (mm): 300
- Dext (mm): 326
- Espesor (mm): 6,5

Calculamos el diámetro interior:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 326 - 2 \cdot 6,5 = 313 \text{ mm} = 0,313 \text{ m}$$

Ahora vamos a hacer unos cálculos más, para contrastar que la tubería elegida es correcta para este caso.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,313^2}{4} = 0,0769 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1573}{0,0769} = 2,04 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Vemos que la velocidad recalculada es menor que la supuesta, por lo que, podemos decir que la tubería elegida es correcta.

En la siguiente tabla se recogen los tramos de tubería utilizados, en una línea de operación (siendo igual para la otra, excepto en los colectores comunes), en la zona de baja presión.

TRAMO DE TUBERIA	$Q_{\text{TUBERIA}}$ (m <sup>3</sup> /s)	$V_{\text{FLUIDO}}$ (m/s)	$D_{\text{int}}$ (mm)	e (mm)	LONGITUD (m)
AM-200-10PRFV-1	0,06782	1,889	213,8	4,1	8,5
AM-200-10-PRFV-2	0,06782	1,889	213,8	4,1	1,5
AM-500-10-PRFV-3	0,5425	2,66	510	11	49
AM-350-10-PRFV-4	0,2713	2,62	363	7,5	21
AM-200-10-PRFV-5	0,06782	1,889	213,8	4,1	3,5

<b>AM/AF-350-10-PRFV-6</b>	0,2713	2,62	363	7,5	28
<b>AF-200-10-PRFV-7</b>	0,0552	1,54	213,8	4,1	3,5
<b>AF-200-10-PRFV-8</b>	0,06782	1,889	213,8	4,1	6,1
<b>AF-150-10-PRFV-9</b>	0,0452	2,14	163,8	3,1	1
<b>AF-350-10-PRFV-10</b>	0,2713	2,62	363	7,5	2,72
<b>AF-150-10-PRFV-11</b>	0,0452	2,14	163,8	3,1	1
<b>AF-350-10-PRFV-12</b>	0,2713	2,62	363	7,5	11
<b>AP-40-10-PVC-13</b>	0,00158	0,322	72,2	1,9	0,25
<b>AP-150-10-PRFV-14</b>	0,02848	1,35	163,8	3,1	4,5
<b>AP-250-10-PRFV-15</b>	0,11393	2,14	260,6	5,7	12,5
<b>AP-350-10-PRFV-16</b>	0,22786	2,2	363	7,5	6,5
<b>AP-350-10-PRFV-17</b>	0,22	2,13	363	7,5	24
<b>ALQ-350-10-PRFV-18</b>	0,22	2,13	363	7,5	4
<b>ALQ-250-10-PRFV-19</b>	0,11393	2,06	260,6	5,7	4,5
<b>ALQ-250-10-PRFV-20</b>	0,11393	2,06	260,6	5,7	2,72
<b>ALQ-150-10-PRFV-21</b>	0,03797	1,79	163,8	3,1	1
<b>ALQ-150-10-PRFV-22</b>	0,03797	1,79	163,8	3,1	1
<b>ALQ-250-10-PRFV-23</b>	0,11393	2,06	260,6	5,7	6,5
<b>ALQ-250-10-PRFV-24</b>	0,11393	2,06	260,6	5,7	0,5
<b>APR-350-10-PRFV-25</b>	0,22786	2,2	363	7,5	49,5
<b>APR-350-10-PRFV-26</b>	0,22786	2,2	363	7,5	1.515
<b>AF-300-10-PRFV-27</b>	0,1573	2,04	313	6,5	11
<b>AF-50-10-PVC-28</b>	0,0143	1,37	115,2	2,4	0,25
<b>AF-50-10-PVC-29</b>	0,0143	1,37	115,2	2,4	0,25
<b>AR-300-10-PRFV-30</b>	0,1573	2,04	313	6,5	20
<b>AR-400-10-PRFV-31</b>	0,31467	2,36	412	8,5	700
<b>AR-300-10-PRFV-32</b>	0,1573	2,04	313	6,5	52

Tabla 2. 6. Características de las tuberías en la zona de baja presión.

### 7.1.2. Tuberías de alta presión

La zona de alta presión abarca desde las bombas de alta presión hasta el propio bastidor de las membranas de la ósmosis, y desde la salida de rechazo de la ósmosis hasta el sistema de recuperación de energía. Como en estos tramos las tuberías deberán soportar elevadas presiones, no se deberán usar materiales plásticos, utilizando de este modo, acero como mejor opción, de esta forma resistirán estas condiciones.

Nosotros vamos a utilizar el acero AISI 316L, el cual se ha comprobado que para el agua de mar es muy eficaz, cuyo límite elástico ( $\sigma_e$ ) es de 230 MPa (2300 bar).

La tensión que soporta una tubería de acero puede ser en dirección radial y longitudinal.

❖ En dirección radial:

$$\sigma_R = \frac{P \cdot R_i}{e} = \frac{\sigma_e}{k} \quad [2.3939]$$

❖ En dirección longitudinal:

$$\sigma_L = \frac{P \cdot R_i}{2 \cdot e} \quad [2.4040]$$

Como realmente los esfuerzos más relevantes se dan en dirección radial, nosotros vamos a usar la expresión para este esfuerzo, para el dimensionamiento de las tuberías.

Como tensión máxima admisible se utilizará el límite elástico del material, con un coeficiente de seguridad de 1,5.

Suponemos una velocidad de fluido mínima, de 3m/s y debemos conocer la presión de operación y el límite elástico del acero, podemos calcular las dimensiones de la tubería.

$$v = 3 \text{ m/s} \quad P_{\max} = 59,7595 \text{ bar}$$

Añadimos a la presión máxima un coeficiente del 15%, de manera que nos aseguremos que la tubería trabajará de manera adecuada.

$$P_{\max} = 68,723 \text{ bar}$$

Calculamos la tensión radial.

$$\sigma_R = \frac{\sigma_e}{k} = \frac{2.300}{1,5} = 1.533,33 \text{ bar}$$

Como prácticamente todas estas tuberías soportarán la misma presión, vamos a calcular el Schedule mínimo que deberán tener.

$$\text{Sch} = \frac{1.000 \cdot P}{\sigma_e} \quad [24141]$$

$$\text{Sch} = \frac{1.000 \cdot 68,723}{2.300} = 29,88$$

De esta forma, esto exige que las tuberías tendrán que tener un schedule mínimo estandarizado de 40, bajo la normativa ANSI B 3.19 y B 36.10.

Así, con las ecuaciones mencionadas y las usadas anteriormente en el apartado de baja presión, tendremos las ecuaciones que usaremos en este apartado.

➤ Salida de las bombas de alta presión.

Designación de la línea: AF-350-sch40-316L-33.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{salidas bombas alta presión}} = 23.437,5 \text{ m}^3/\text{día} = 976,5625 \text{ m}^3/\text{h} = 0,2713 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,2713}{\pi \cdot 3}} = 0,3393 \text{ m} = 339,3 \text{ mm} = 13,36 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- DN (mm): 400
- Schedule: 40
- Dext (mm): 406,4
- Espesor (mm): 9,53

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 406,4 - 2 \cdot 9,53 = 387,34 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,38734^2}{4} = 0,11784 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,2713}{0,11784} = 2,3 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora solo a modo de comprobación, usaremos una ecuación de la Norma ASA “American Standard Association”, mediante la cual comprobaremos que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\text{min}}(\text{mm}) = \left( \frac{P \cdot D_{\text{ext}}}{2 \cdot E \cdot \sigma_e + 0,8 \cdot P} + C \right) \cdot M \quad [2241]$$

Donde:

- P= presión del fluido (68,723 bar).
- Dext= diámetro exterior de la tubería en mm.
- E= eficiencia de la soldadura (1).
- C= sobre espesor de corrosión (1,5 mm).
- M= tolerancia de fabricación (1,125).
- $\sigma_e$ = esfuerzo de trabajo admisible del material (2.300 bar).

Sustituyendo en la ecuación mencionada tenemos:

$$e_{\text{min}}(\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 406,4}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 8,437 \text{ mm} < 9,53 \text{ mm}$$

De esta manera podemos observar como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.



➤ Coletores verticales para acometida a tubos de presión.

Designación de la línea: AF-250-sch40-316L-34.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{colectores verticales a tubos de presión}} = \frac{Q_{\text{salida bombas de presión}}}{N^{\circ} \text{ de colectores}} = \frac{976,56 \text{ m}^3/\text{h}}{2} = 488,28 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1356 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1356}{\pi \cdot 3}} = 0,2399 \text{ m} = 239,9 \text{ mm} = 9,44 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- |                  |                      |
|------------------|----------------------|
| - DN (mm): 250   | - Schedule: 40       |
| - Dext (mm): 273 | - Espesor (mm): 9,27 |

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 250 - 2 \cdot 9,27 = 231,46 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,23146^2}{4} = 0,0421 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1356}{0,0421} = 3,22 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\text{min}}(\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 273}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 6,22 \text{ mm} < 9,27 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Acometida a los tubos de presión.

Designación de la línea: AF-50-sch40-316L-35.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{acometida a tubos de presión}} = \frac{Q_{\text{salida b.a.p.}}}{\text{Nº tubos a presión}} = \frac{976,56 \text{ m}^3/\text{h}}{72} = 13,63 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00377 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00377}{\pi \cdot 3}} = 0,03999 \text{ m} = 39,99 \text{ mm} = 1,5744 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| - DN (mm): 50     | - Schedule: 40       |
| - Dext (mm): 60,3 | - Espesor (mm): 3,91 |

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 60,3 - 2 \cdot 3,91 = 52,48 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,05248^2}{4} = 0,00216 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00377}{0,00216} = 1,74 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\min}(\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 60,3}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 2,69 \text{ mm} < 3,91 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Salida de salmuera de la ósmosis.

Designación de la línea: AR-40-sch40-316L-36.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{salida salmuera}} = \frac{Q_{\text{salida rechazo ósmosis}}}{N^{\circ} \text{ tubos a presión}} = \frac{566,4 \text{ m}^3/\text{h}}{72} = 7,867 \text{ m}^3/\text{h} = 0,002185 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,002185}{\pi \cdot 3}} = 0,03045 \text{ m} = 30,45 \text{ mm} = 1,199 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| - DN (mm): 40     | - Schedule: 40       |
| - Dext (mm): 48,3 | - Espesor (mm): 3,68 |

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 48,3 - 2 \cdot 3,68 = 40,94 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,04094^2}{4} = 0,00132 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,002185}{0,00132} = 1,66 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\min}(\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 40,94}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 3,34 \text{ mm} < 3,68 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Coletores verticales de salida de salmuera.

Designación de la línea: AR-200-sch40-316L-37.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{colectores verticales salmuera}} = \frac{Q_{\text{salida rechazo ósmosis}}}{\text{N}^{\circ} \text{ de colectores}} = \frac{566,4 \text{ m}^3/\text{h}}{2} = 283,2 \text{ m}^3/\text{h} = 0,07867 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,07867}{\pi \cdot 3}} = 0,18272 \text{ m} = 182,72 \text{ mm} = 7,19 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- |                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| - DN (mm): 200     | - Schedule: 40       |
| - Dext (mm): 219,1 | - Espesor (mm): 8,18 |

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 219,1 - 2 \cdot 8,18 = 202,74 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,20274^2}{4} = 0,03228 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,07867}{0,03228} = 2,44 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\min}(\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 219,1}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 5,33 \text{ mm} < 8,18 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Colector general de salmuera a intercambiador de presión.

Designación de la línea: AR-300-sch40-316L-38.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\substack{\text{colector general} \\ \text{de salmuera}}} = 566,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1573 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1573}{\pi \cdot 3}} = 0,2584 \text{ m} = 258,4 \text{ mm} = 10,17 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- |                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| - DN (mm): 300     | - Schedule: 40       |
| - Dext (mm): 323,8 | - Espesor (mm): 9,53 |

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 323,8 - 2 \cdot 9,53 = 304,74 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,30474^2}{4} = 0,07294 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1573}{0,07294} = 2,16 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\min}(\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 323,8}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 7,065 \text{ mm} < 9,53 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Derivaciones de salmuera a intercambiadores de presión.

Designación de la línea: AR-80-sch40-316L-39.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{por interc.}} = \frac{Q_{\text{rechazo}}}{N^{\circ} \text{ interc.}} = \frac{566,4 \text{ m}^3/\text{h}}{11} = 51,49 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0143 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0143}{\pi \cdot 3}} = 0,07791 \text{ m} = 77,91 \text{ mm} = 3,07 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| - DN (mm): 80     | - Schedule: 40       |
| - Dext (mm): 88,9 | - Espesor (mm): 5,49 |

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 88,9 - 2 \cdot 5,49 = 77,92 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,07792^2}{4} = 0,00477 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0143}{0,00477} = 2,99 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\min}(\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 88,9}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 3,164 \text{ mm} < 5,49 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Salida de intercambiadores de presión de agua a alta presión.

Designación de la línea: AF-80-sch40-316L-40.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{por interc.}} = \frac{Q_{\text{rechazo}}}{N^{\circ} \text{ interc.}} = \frac{566,4 \text{ m}^3/\text{h}}{11} = 51,49 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0143 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0143}{\pi \cdot 3}} = 0,07791 \text{ m} = 77,91 \text{ mm} = 3,07 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| - DN (mm): 80     | - Schedule: 40       |
| - Dext (mm): 88,9 | - Espesor (mm): 5,49 |

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 88,9 - 2 \cdot 5,49 = 77,92 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,07792^2}{4} = 0,00477 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0143}{0,00477} = 2,99 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\text{min}} (\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 88,9}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 3,164 \text{ mm} < 5,49 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Salida de agua a alta presión a bomba booster.

Designación de la línea: AF-300-sch40-316L-41.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{agua a booster}} = 566,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1573 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1573}{\pi \cdot 3}} = 0,2584 \text{ m} = 258,4 \text{ mm} = 10,17 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.



- DN (mm): 300
- Schedule: 40
- Dext (mm): 323,8
- Espesor (mm): 9,53

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 323,8 - 2 \cdot 9,53 = 304,74 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,30474^2}{4} = 0,07294 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1573}{0,07294} = 2,16 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\text{min}} (\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 323,8}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 7,065 \text{ mm} < 9,53 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Impulsión bomba booster.

Designación de la línea: AF-300-sch40-316L-42.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{agua a alta presión}} = 566,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1573 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1573}{\pi \cdot 3}} = 0,2584 \text{ m} = 258,4 \text{ mm} = 10,17 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- DN (mm): 300
- Schedule: 40
- Dext (mm): 323,8
- Espesor (mm): 9,53

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 323,8 - 2 \cdot 9,53 = 304,74 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,30474^2}{4} = 0,07294 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1573}{0,07294} = 2,16 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\text{min}} (\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 323,8}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 7,065 \text{ mm} < 9,53 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Bypass de rechazo antes de intercambiadores de presión.

Designación de la línea: AR-300-sch40-316L-43.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{salmuera}} = 566,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1573 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1573}{\pi \cdot 3}} = 0,2584 \text{ m} = 258,4 \text{ mm} = 10,17 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- DN (mm): 300
- Schedule: 40
- Dext (mm): 323,8
- Espesor (mm): 9,53

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 323,8 - 2 \cdot 9,53 = 304,74 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,30474^2}{4} = 0,07294 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1573}{0,07294} = 2,16 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\text{min}} (\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 323,8}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 7,065 \text{ mm} < 9,53 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

➤ Rechazo para lavado químico.

Designación de la línea: AR-300-sch40-316L-44.

El caudal que circulará por este tramo de tubería será:

$$Q_{\text{salmuera}} = 566,4 \text{ m}^3/\text{h} = 0,1573 \text{ m}^3/\text{s}$$

Empezamos calculando el diámetro de la tubería.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,1573}{\pi \cdot 3}} = 0,2584 \text{ m} = 258,4 \text{ mm} = 10,17 \text{ inch}$$

Según este diámetro, elegimos una tubería de acero AISI 316L, de la empresa “ACEQUISA”, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

- DN (mm): 300
- Schedule: 40
- Dext (mm): 323,8
- Espesor (mm): 9,53

Calculamos el diámetro interior de la tubería y la velocidad real.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 323,8 - 2 \cdot 9,53 = 304,74 \text{ mm}$$

$$A = \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,30474^2}{4} = 0,07294 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1573}{0,07294} = 2,16 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Ahora vamos a comprobar que el espesor mínimo para los requerimientos de presión es menor que el nominal seleccionado.

$$e_{\text{min}} (\text{mm}) = \left( \frac{68,723 \cdot 323,8}{2 \cdot 1 \cdot 2.300 + 0,8 \cdot 68,723} + 1,5 \right) \cdot 1,125 = 7,065 \text{ mm} < 9,53 \text{ mm}$$

Observamos como el espesor mínimo para este tramo de tubería es inferior al espesor nominal seleccionado, por lo que la tubería elegida es correcta para este caso.

En la tabla que se muestra a continuación podemos observar las características de cada tramo de tubería de la zona de alta presión:

TRAMO DE TUBERIA	QTUBERIA (m³/s)	VFLUIDO (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	e (mm)	LONGITUD (m)
AF-350-sch40-316L-33	0,2713	2,3	387,34	9,53	10
AF-250-sch40-316L-34	0,1356	2,66	254,56	9,27	4,5
AF-50-sch40-316L-35	0,00377	1,74	52,48	3,91	0,25
AR-40-sch40-316L-36	0,002185	1,66	40,94	3,68	0,25
AR-200-sch40-316L-37	0,07867	2,44	202,74	8,18	4,5
AR-300-sch40-316L-38	0,1573	2,16	304,74	9,53	27,4
AR-80-sch40-316L-39	0,0143	2,99	77,92	5,49	0,25

<b>AF-80-sch40-316L-40</b>	0,0143	2,99	77,92	5,49	0,25
<b>AF-300-sch40-316L-41</b>	0,1573	2,16	304,74	9,53	7,5
<b>AF-300-sch40-316L-42</b>	0,1573	2,16	304,74	9,53	4
<b>AR-300-sch40-316L-43</b>	0,1573	2,16	304,74	9,53	6,4
<b>AR-300-sch40-316L-44</b>	0,1573	2,16	304,74	9,53	12,72

Tabla 2. 7. Características de las tuberías de la zona de alta presión.

### 7.1.3. Tuberías de dosificación química

Las tuberías que vamos a calcular a continuación son las que se encargan de la dosificación química, tanto en el pretratamiento como el postratamiento. Estas tuberías serán de PEBD (Polietileno de Baja Densidad), exceptuando la del ácido sulfúrico que será de PEAD (Polietileno de Alta Densidad), debido a su agresividad.

#### ➤ Tubería de dosificación de hipoclorito sódico (pretratamiento).

Designación de la línea: DHS-10-16-PEBD-45.

El caudal que debemos suministrar de hipoclorito sódico en el pretratamiento será:

$$Q_{\text{hipoclorito pre-tratamiento}} = 0,039 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0000108 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculamos el diámetro del tramo de tubería, suponiendo como hasta ahora una velocidad de fluido de 3m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0000108}{\pi \cdot 3}} = 0,00214 \text{ m} = 2,14 \text{ mm} = 0,0843 \text{ inch}$$

Como hemos comentado antes la tubería seleccionada será de PEBD, fabricado por la suministradora AIQSA, PN 16, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

❖ Diámetro exterior= 10 mm.

❖ Espesor= 1,8 mm

Calculamos el diámetro interior.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 10 - 2 \cdot 1,8 = 6,4 \text{ mm} = 0,0064 \text{ m}$$

Realizamos las comprobaciones necesarias para este tramo.

$$A = \pi \cdot \frac{D_{\text{int}}^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,0064^2}{4} = 0,000032 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0000108}{0,000032} = 0,3375 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Observamos como la velocidad está por debajo de la supuesta, de modo que la tubería seleccionada es adecuada para este tramo.

➤ Tubería de dosificación de ácido sulfúrico.

Designación de la línea: DAS-10-16-PEAD-46.

El caudal que debemos suministrar de hipoclorito sódico en el pretratamiento será:

$$Q_{\text{ácido sulfúrico}} = 0,02123 \text{ m}^3/\text{h} = 0,000005897 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculamos el diámetro del tramo de tubería, suponiendo como hasta ahora una velocidad de fluido de 3m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000005897}{\pi \cdot 3}} = 0,001582 \text{ m} = 1,582 \text{ mm} = 0,0623 \text{ inch}$$

Como hemos comentado antes la tubería seleccionada será de PEAD, fabricado por la suministradora AIQSA, PN 16, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

❖ Diámetro exterior= 10 mm.

❖ Espesor= 1,8 mm.

Calculamos el diámetro interior.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 10 - 2 \cdot 1,8 = 6,4 \text{ mm} = 0,0064 \text{ m}$$

Realizamos las comprobaciones necesarias para este tramo.

$$A = \pi \cdot \frac{D_{\text{int}}^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,0064^2}{4} = 0,000032 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,000005897}{0,000032} = 0,1843 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Observamos como la velocidad está por debajo de la supuesta, de modo que la tubería seleccionada es adecuada para este tramo.

➤ Tubería de dosificación de bisulfito sódico.

Designación de la línea: DBS-10-16-PEBD-47.

El caudal que debemos suministrar de hipoclorito sódico en el pretratamiento será:

$$Q_{\text{bisulfito sódico}} = 0,01426 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00000396 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculamos el diámetro del tramo de tubería, suponiendo como hasta ahora una velocidad de fluido de 3m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00000396}{\pi \cdot 3}} = 0,001297 \text{ m} = 1,297 \text{ mm} = 0,051 \text{ inch}$$

Como hemos comentado antes la tubería seleccionada será de PEBD, fabricado por la suministradora AIQSA, PN 16, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

❖ Diámetro exterior= 10 mm.

❖ Espesor= 1,8 mm.

Calculamos el diámetro interior.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 10 - 2 \cdot 1,8 = 6,4 \text{ mm} = 0,0064 \text{ m}$$

Realizamos las comprobaciones necesarias para este tramo.

$$A = \pi \cdot \frac{D_{\text{int}}^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,0064^2}{4} = 0,000032 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00000396}{0,000032} = 0,12375 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Observamos como la velocidad está por debajo de la supuesta, de modo que la tubería seleccionada es adecuada para este tramo.

➤ Tubería de dosificación del antiincrustante.

Designación de la línea: DA-10-16-PEBD-48.

El caudal que debemos suministrar de hipoclorito sódico en el pretratamiento será:

$$Q_{\text{antiincrustante}} = 0,00097 \text{ m}^3/\text{h} = 0,000000269 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculamos el diámetro del tramo de tubería, suponiendo como hasta ahora una velocidad de fluido de 3m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000000269}{\pi \cdot 3}} = 0,000338 \text{ m} = 0,338 \text{ mm} = 0,0133 \text{ inch}$$

Como hemos comentado antes la tubería seleccionada será de PEBD, fabricado por la suministradora AIQSA, PN 16, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

❖ Diámetro exterior= 10 mm.

❖ Espesor= 1,8 mm.

Calculamos el diámetro interior.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 10 - 2 \cdot 1,8 = 6,4 \text{ mm} = 0,0064 \text{ m}$$

Realizamos las comprobaciones necesarias para este tramo.

$$A = \pi \cdot \frac{D_{\text{int}}^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,0064^2}{4} = 0,000032 \text{ m}^2$$



$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,000000269}{0,000032} = 0,0084 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Observamos como la velocidad está por debajo de la supuesta, de modo que la tubería seleccionada es adecuada para este tramo.

➤ Tubería de dosificación de hipoclorito sódico (postratamiento).

Designación de la línea: DHS-10-16-PEBD-49.

El caudal que debemos suministrar de hipoclorito sódico en el pretratamiento será:

$$Q_{\text{hipoclorito post-tratamiento}} = 0,01642 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00000456 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculamos el diámetro del tramo de tubería, suponiendo como hasta ahora una velocidad de fluido de 3m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00000456}{\pi \cdot 3}} = 0,00139 \text{ m} = 1,39 \text{ mm} = 0,0547 \text{ inch}$$

Como hemos comentado antes la tubería seleccionada será de PEBD, fabricado por la suministradora AIQSA, PN 16, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

❖ Diámetro exterior= 10 mm.

❖ Espesor= 1,8 mm.

Calculamos el diámetro interior.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 10 - 2 \cdot 1,8 = 6,4 \text{ mm} = 0,0064 \text{ m}$$

Realizamos las comprobaciones necesarias para este tramo.

$$A = \pi \cdot \frac{D_{\text{int}}^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,0064^2}{4} = 0,000032 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,00000456}{0,000032} = 0,1425 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Observamos como la velocidad está por debajo de la supuesta, de modo que la tubería seleccionada es adecuada para este tramo.

➤ Tubería de dosificación de hidróxido cálcico.

Designación de la línea: DHC-10-16-PEBD-50.

El caudal que debemos suministrar de hipoclorito sódico en el pretratamiento será:

$$Q_{\text{hidróxido cálcico}} = 0,06416 \text{ m}^3/\text{h} = 0,0000178 \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculamos el diámetro del tramo de tubería, suponiendo como hasta ahora una velocidad de fluido de 3m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0000178}{\pi \cdot 3}} = 0,00275 \text{ m} = 2,75 \text{ mm} = 0,108 \text{ inch}$$

Como hemos comentado antes la tubería seleccionada será de PEBD, fabricado por la suministradora AIQSA, PN 16, cuyas dimensiones se muestran a continuación.

❖ Diámetro exterior= 10 mm.

❖ Espesor= 1,8 mm.

Calculamos el diámetro interior.

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 \cdot e = 10 - 2 \cdot 1,8 = 6,4 \text{ mm} = 0,0064 \text{ m}$$

Realizamos las comprobaciones necesarias para este tramo.

$$A = \pi \cdot \frac{D_{\text{int}}^2}{4} = \pi \cdot \frac{0,0064^2}{4} = 0,000032 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0000178}{0,000032} = 0,55625 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Observamos como la velocidad está por debajo de la supuesta, de modo que la tubería seleccionada es adecuada para este tramo. Finalmente en la siguiente tabla recogemos las tuberías de dosificación de químicos que se utilizarán en nuestra planta.

TRAMO DE TUBERIA	Q <sub>TUBERIA</sub> (m <sup>3</sup> /h)	V <sub>FLUIDO</sub> (m/s)	D <sub>int</sub> (mm)	e (mm)	LONGITUD (m)
DHS-10-16-PEBD-45	0,039	0,3375	6,4	1,8	3
DAS-10-16-PEAD-46	0,02123	0,1843	6,4	1,8	3
DBS-10-16-PEBD-47	0,01426	0,12375	6,4	1,8	3,72
DA-10-16-PEBD-48	0,00097	0,0084	6,4	1,8	3,72
DHS-10-16-PEBD-49	0,01642	0,1425	6,4	1,8	3
DHC-10-16-PEBD-50	0,06416	0,55625	6,4	1,8	3

Tabla 2. 8. Características de las tuberías de dosificación.

Los cálculos realizados se darán de la misma forma para la dosificación de químicos en la otra línea de operación.

## 7.2. Cálculos hidráulicos

Con el objetivo de poder seleccionar las bombas adecuadas para la instalación, debemos conocer los caudales y la carga que deberán aportar. Los caudales ya han sido calculados, pero la carga o altura útil de algunas bombas no las conocemos, así que haremos uso de la ecuación de Bernouilli, la cual se muestra a continuación.

$$W = \left( H + \frac{P_B - P_A}{\rho} + Z_B - Z_A + \frac{V_B^2 - V_A^2}{2 \cdot g} \right) \quad [2.43.]$$

Donde:

- W= carga (m).
- P= densidad del agua a 18<sup>0</sup>C (Kg/m<sup>3</sup>).
- g= 9,81 m/s.
- P<sub>A</sub> y P<sub>B</sub>= presión del agua en A y B (Kg/m<sup>2</sup>).
- Z<sub>A</sub> y Z<sub>B</sub>= altura geométrica, diferencia de cota entre A y B (m).

- $V_A$  y  $V_B$  = velocidades medias del líquido en las secciones de la tubería en los puntos A y B (m/s).
- $H$  = pérdidas de carga en la tubería.

Para poder aplicar la ecuación de Bernoulli debemos conocer las pérdidas de carga de las tuberías, las presiones, las alturas geométricas y las velocidades de A y B. de modo que habrá que calcularlo.

### 7.2.1. Pérdidas de carga

#### ❖ Pérdidas de carga lineales.

Utilizamos la ecuación de Darcy-Weisbach, para conducciones circulares.

$$(h_f)_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad [2.44.]$$

Donde:

- $h_f$  = pérdida de carga (m).
- $f$  = factor de fricción de Fanning.
- $L$  = longitud equivalente a la tubería (m).
- $D$  = diámetro interno de la tubería (m).
- $V$  = velocidad de fluido (m/s).
- $g$  = aceleración de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Esta ecuación es usada con fluido viscosos e incompresibles en régimen estacionario y totalmente desarrollado, laminar o turbulento. El factor de fricción de Fanning se encuentra en función de la rugosidad de la tubería ( $\epsilon/D$ ) y del número de Reynolds ( $Re$ ). La rugosidad depende únicamente del material de la tubería, para los materiales que vamos a usar en nuestras tuberías tendremos unas rugosidades que aparecen en la siguiente tabla.

Material	$\epsilon$ (mm)
PVC / PE	0,0015
PRFV	0,01
Acero	0,014

Tabla 2. 9. Rugosidad de los materiales de las tuberías de la planta (google).

A través del número de Reynolds y la rugosidad relativa calculamos el factor de fricción en cada tramo de la tubería, y por medio de las ecuaciones de ajuste no lineal o con la gráfica de Moody obtenemos este factor.

Para calcular la densidad y la viscosidad, hacemos uso de las siguientes gráficas para el agua del mar.

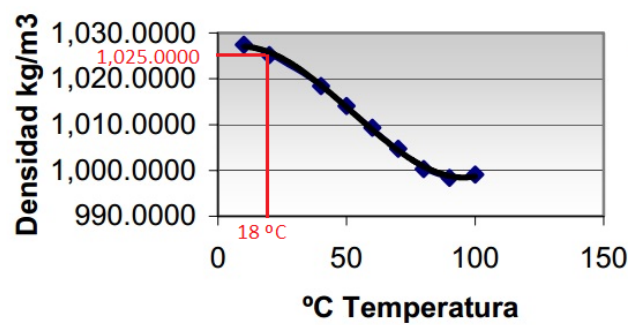


Figura 2. 11. Densidad del agua de mar (bibliografía [36]).

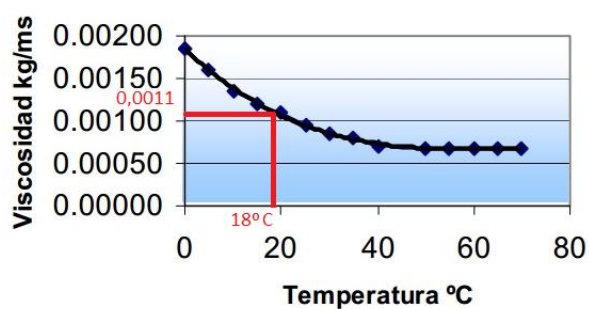


Figura 2. 12. Viscosidad del agua de mar (bibliografía [36]).

Así obtenemos unos valores:

❖ Densidad: 1.205 Kg/m³

❖ Viscosidad: 0,0011 Kg/m·s

Ahora vamos a calcular el número de Reynolds y el factor de fricción en cada tramo de tubería, para ello usaremos las siguientes ecuaciones:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D_i}{\mu} \quad [2.45.]$$

Donde:

- V: velocidad del tramo de tubería.
- Di: diámetro interior de la tubería.
- $\mu$ : viscosidad del agua.
- $\rho$ : densidad del agua.

$$f = 0,0055 \cdot \left[ 1 + \left( 20.000 \cdot \frac{\varepsilon}{D} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right] \quad [2.46.] \text{ (ecuación de Moody)}$$

Empezaremos por el tramo de tubería que va desde la toma de agua hasta las bombas de captación (AM-200-10-PRFV-1):

$$Re = \frac{1.025 \cdot 1,889 \cdot 0,2138}{0,0011} = 3,76 \cdot 10^5$$

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0,01}{213,8} = 4,677 \cdot 10^{-5}$$

Sustituyendo en la ecuación de Moody nos encontramos con:

$$f = 0,0055 \left[ 1 + \left( 20.000 \cdot 4,677 \cdot 10^{-5} + \frac{10^6}{3,76 \cdot 10^5} \right)^{1/3} \right] = 0,01392$$

De modo que, el valor de la pérdida de carga lineal será:

$$(h_f)_L = 0,01392 \cdot \frac{8,5}{0,2138} \cdot \frac{1,889^2}{2 \cdot 9,81} = 0,1007 \text{ m}$$

A continuación se muestra una tabla donde se recogen los datos calculados de cada tramo de tubería, junto con la pérdida de carga lineal que se produce en cada uno de ellos.

TRAMO DE TUBERIA	D <sub>int</sub> (mm)	LONGITUD (m)	f	(hf)L (m)
AM-200-10PRFV-1	213,8	8,5	0,01392	0,1007
AM-200-10-PRFV-2	213,8	1,5	0,01392	0,01776
AM-500-10-PRFV-3	510	49	0,011317	0,392
AM-350-10-PRFV-4	363	21	0,012036	0,22041
AM-200-10-PRFV-5	213,8	3,5	0,01392	0,04144
AM/AF-350-10-PRFV-6	363	28	0,012036	0,324816
AF-200-10-PRFV-7	213,8	3,5	0,01437	0,028435
AF-200-10-PRFV-8	213,8	6,1	0,01392	0,0722314
AF-150-10-PRFV-9	163,8	1	0,01348	0,01921
AF-350-10-PRFV-10	363	2,72	0,012036	0,03155
AF-150-10-PRFV-11	163,8	1	0,01348	0,01921
AF-350-10-PRFV-12	363	11	0,012036	0,127606
AP-40-10-PVC-13	72,2	0,25	0,024227	0,00044
AP-150-10-PRFV-14	163,8	4,5	0,0155	0,039646
AP-250-10-PRFV-15	260,6	12,5	0,01315	0,147278
AP-350-10-PRFV-16	363	6,5	0,01158	0,05116
AP-350-10-PRFV-17	363	24	0,010357	0,158343
ALQ-350-10-PRFV-18	363	4	0,010357	0,02639
ALQ-250-10-PRFV-19	260,6	4,5	0,01322	0,04937
ALQ-250-10-PRFV-20	260,6	2,72	0,01322	0,02984
ALQ-150-10-PRFV-21	163,8	1	0,01483	0,01479
ALQ-150-10-PRFV-22	163,8	1	0,01483	0,01479
ALQ-250-10-PRFV-23	260,6	6,5	0,01322	0,07132
ALQ-250-10-PRFV-24	260,6	0,5	0,01322	0,005486

<b>APR-350-10-PRFV-25</b>	363	49,5	0,012315	0,414266
<b>APR-350-10-PRFV-26</b>	363	1.515	0,012315	12,679
<b>AF-300-10-PRFV-27</b>	313	11	0,01278	0,09527
<b>AF-50-10-PVC-28</b>	115,2	0,25	0,01605	0,00333
<b>AF-50-10-PVC-29</b>	115,2	0,25	0,01605	0,00333
<b>AR-300-10-PRFV-30</b>	313	20	0,01278	0,1732
<b>AR-400-10-PRFV-31</b>	412	700	0,11918	5,75
<b>AR-300-10-PRFV-32</b>	313	52	0,01278	0,896121
<b>AF-350-sch40-316L-33</b>	387,34	10	0,012345	0,0859
<b>AF-250-sch40-316L-34</b>	254,56	4,5	0,013144	0,083795
<b>AF-50-sch40-316L-35</b>	52,48	0,25	0,019666	0,014456
<b>AR-40-sch40-316L-36</b>	40,94	0,25	0,02106	0,018061
<b>AR-200-sch40-316L-37</b>	202,74	4,5	0,01389	0,09355
<b>AR-300-sch40-316L-38</b>	304,74	27,4	0,013014	0,27825
<b>AR-80-sch40-316L-39</b>	77,92	0,25	0,016591	0,024255
<b>AF-80-sch40-316L-40</b>	77,92	0,25	0,016591	0,024255
<b>AF-300-sch40-316L-41</b>	304,74	7,5	0,013014	0,076164
<b>AF-300-sch40-316L-42</b>	304,74	4	0,013014	0,04062
<b>AR-300-sch40-316L-43</b>	304,74	6,4	0,013014	0,06499
<b>AR-300-sch40-316L-44</b>	304,74	12,72	0,013014	0,12917

Tabla 2. 10. Pérdida de carga lineal de los tramos de tuberías.

❖ Pérdidas de carga singulares.

Este tipo de pérdidas de carga son las producidas por los accesorios (codos, válvulas, té...), las cuales se hallarán por el método de las cargas de velocidad. Salvo casos excepcionales, las pérdidas de carga localizadas sólo se pueden determinar de forma experimental, y puesto que son debidas a la disipación de energía motivada por las turbulencias, pueden expresarse en función de la altura cinética corregida mediante un coeficiente empírico (k). Este método consiste en asignar a cada accesorio un valor “k”



tal que al multiplicarlo por la carga de velocidad que lo atraviesa sea igual a la pérdida de carga que produce, en la siguiente tabla se muestran las “k” para cada tramo de tubería.

TRAMOS	CONSTANTE “k” PARA ACCESORIOS						Σk
	Codo 90°	Té	Codo 45°	V. reten	V. globo	V. mariposa	
<b>AM-200-10-PRFV-1 (8)</b>	0,3			2		0,68	2,98
<b>AM-200-10-PRFV-2 (8)</b>	0,22 (2)			2		0,68	2,68
<b>AM-500-10-PRFV-3</b>	0,24 (3)	0,9 (9)		2		0,35 (2)	11,2
<b>AM-350-10-PRFV-4</b>	0,24 (3)	0,9 (4)		2		0,35(2)	7,02
<b>AM-200-10-PRFV-5 (4)</b>	0,3 (5)	0,9 (2)				0,68 (4)	6,02
<b>AM/AF-350-10-PRFV-6</b>	0,24 (3)	0,9 (12)				0,35	11,8 7
<b>AF-200-10-PRFV-7 (4)</b>	0,3 (2)	0,9				0,68 (2)	2,86
<b>AF-200-10-PRFV-8 (4)</b>	0,3 (3)					0,68 (2)	2,26
<b>AF-150-10-PRFV-9 (6)</b>			0,27			0,77	1,04
<b>AF-350-10-PRFV-10</b>						0,35	0,35
<b>AF-150-10-PRFV-11 (6)</b>			0,27			0,77	1,04
<b>AF-350-10-PRFV-12</b>	0,24	0,9 (8)		2		0,35 (3)	10,4 9
<b>AP-40-10-PVC-13 (72)</b>							0
<b>AP-150-10-PRFV-14 (4)</b>	0,7	0,9 (2)				0,77	3,27
<b>AP-250-10-PRFV-15</b>	0,27 (3)	0,9				0,63	2,34
<b>AP-350-10-PRFV-16</b>		0,9		2		0,35 (2)	3,6
<b>AP-350-10-PRFV-17</b>	0,24	0,9				0,35 (4)	3,02

	(3)				
<b>ALQ-350-10-PRFV-18</b>	0,9	2	0,35 (2)	3,6	
<b>ALQ-250-10-PRFV-19</b>	0,27 (2)	0,9 (4)	0,63	4,7	
<b>ALQ-250-10-PRFV-20</b>			0,63	0,63	
<b>ALQ-150-10-PRFV-21</b> (3)		0,28	0,77	1,05	
<b>ALQ-150-10-PRFV-22</b> (3)		0,28	0,77	1,05	
<b>ALQ-250-10-PRFV-23</b>	0,27 (2)	0,9 (3)	0,63	3,87	
<b>ALQ-250-10-PRFV-24</b>			0,63	0,63	
<b>APR-350-10-PRFV-25</b>	0,24 (4)	0,9 (4)	0,35 (4)	6,08	
<b>APR-350-10-PRFV-26</b>	0,24 (2)	0,9	2	0,35 (4)	4,78
<b>AF-300-10-PRFV-27</b>	0,25 (3)	0,9 (10)	2	0,63	12,3 8
<b>AF-50-10-PVC-28 (11)</b>	0,8				0,8
<b>AF-50-10-PVC-29 (11)</b>	0,8				0,8
<b>AR-300-10-PRFV-30</b>	0,25 (2)	0,9 (11)	2	0,63	13,0 3
<b>AR-400-10-PRFV-31</b>			2	0,63 (2)	3,26
<b>AR-300-10-PRFV-32</b>	0,25 (6)	0,9 (2)		0,63 (2)	4,56
<b>AF-350-sch40-316L-33</b>	0,24 (2)	0,9 (3)	2	4,4	9,58
<b>AF-250-sch40-316L-34</b> (2)		0,9 (6)		4,8	10,2
<b>AF-50-sch40-316L-35</b>	1,5				1,5

<b>(72)</b>					
<b>AR-40-sch40-316L-36</b>	1,5				1,5
<b>(72)</b>					
<b>AR-200-sch40-316L-37</b>	0,9		5,1		7,8
<b>(2)</b>	(3)				
<b>AR-300-sch40-316L-38</b>	0,25	0,9	2	4,8 (3)	28,6
	(2)	(13)			
<b>AR-80-sch40-316L-39</b>	0,8				0,8
<b>(11)</b>					
<b>AF-80-sch40-316L-40</b>	0,8				0,8
<b>(11)</b>					
<b>AF-300-sch40-316L-41</b>	0,25	0,9		4,8	14,3
	(2)	(10)			
<b>AF-300-sch40-316L-42</b>	0,25		2	4,8	7,05
<b>AR-300-sch40-316L-43</b>	0,25			4,8 (2)	9,85
<b>AR-300-sch40-316L-44</b>	0,25			4,8 (2)	9,85

Tabla 2. 11. Constante "k" de los elementos de cada tramo de tubería.

Este valor "k", se obtiene de las tablas que se encuentran en la siguiente tabla:

<b>Coefficientes de resistencia "k"</b>						
<b>Diámetro (inch)</b>	<b>Codo 90°</b>	<b>Codo 45°</b>	<b>Té</b>	<b>V. retención</b>	<b>V. mariposa</b>	<b>V. globo</b>
<b>1</b>	1,5	0,35	0,9	3	0,86	7,1
<b>2</b>	1	0,3		2	0,86	6,5
<b>3</b>	0,8	0,29		2	0,81	6,1
<b>4</b>	0,7	0,28		2	0,77	5,8
<b>5</b>	0,55	0,27		2	0,77	5,8
<b>6</b>	0,3	0,26		2	0,68	5,1
<b>8</b>	0,27	0,25		2	0,63	4,8
<b>10</b>	0,25	0,25		2	0,63	4,8

12	0,24	0,25	2	0,35	4,4
14	0,23	0,25	2	0,35	4,4
16	0,23	0,25	2	0,35	4,4
18	0,22	0,25	2	0,35	4,4
20	0,22	0,25	2	0,3	4,4
22	0,2	0,25	2	0,3	4,4

Tabla 2. 12. Coeficientes "k" de los distintos accesorios en función del diámetro de la tubería.

La pérdida de carga singular viene dada por la ecuación de Hazen-Williams:

$$(h_f)_s = \Sigma k \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad [2.47.]$$

Donde:

- g= aceleración de la gravedad (9,81).
- k= constante de los accesorios.
- v= velocidad del tramo de tubería.
- (hf)<sub>s</sub>= pérdida de carga singular.

Ahora realizaremos el ejemplo para el primer tramo (AM-200-10-PRFV-1):

$$(h_f)_s = 2,98 \cdot \frac{1,889^2}{2 \cdot 9,81} = 0,54198 \text{ m}$$

En la tabla que se muestra a continuación se recogen las pérdidas de carga en cada tramo, inclusive las totales, las cuales serán la suma de las lineales y las singulares.

TRAMO DE TUBERIA	Σk	V (m/s)	(hf) <sub>s</sub> (m)	(hf) <sub>L</sub> (m)	(hf) <sub>T</sub> (m)
AM-200-10PRFV-1 (8)	2,98	1,889	0,54198	0,1007	0,64268
AM-200-10-PRFV-2 (8)	2,68	1,889	0,48741	0,01776	0,50517
AM-500-10-PRFV-3	11,24	2,66	4,0535	0,392	4,4455

<b>AM-350-10-PRFV-4</b>	7,02	2,62	2,456	0,22041	2,67641
<b>AM-200-10-PRFV-5 (4)</b>	6,02	1,889	1,0948	0,04144	1,13624
<b>AM/AF-350-10-PRFV-6</b>	11,87	2,62	4,153	0,32481	4,478
<b>AF-200-10-PRFV-7 (4)</b>	2,86	1,54	0,3457	0,02843	0,374135
<b>AF-200-10-PRFV-8 (4)</b>	2,26	1,889	0,411	0,07223	0,48323
<b>AF-150-10-PRFV-9 (6)</b>	1,04	2,14	0,24275	0,01921	0,26196
<b>AF-350-10-PRFV-10</b>	0,35	2,62	0,12245	0,03155	0,154
<b>AF-150-10-PRFV-11 (6)</b>	1,04	2,14	0,24275	0,01921	0,26196
<b>AF-350-10-PRFV-12</b>	10,49	2,62	3,67	0,12760	3,7977
<b>AP-40-10-PVC-13 (72)</b>	0	0,322	0	0,00044	0,00044
<b>AP-150-10-PRFV-14 (4)</b>	3,27	1,35	0,30375	0,03964	0,343396
<b>AP-250-10-PRFV-15</b>	2,34	2,14	0,54619	0,14727	0,693468
<b>AP-350-10-PRFV-16</b>	3,6	2,2	0,8881	0,05116	0,93923
<b>AP-350-10-PRFV-17</b>	3,02	2,13	0,69834	0,15834	0,856683
<b>ALQ-350-10-PRFV-18</b>	3,6	2,13	0,83246	0,02639	0,85885
<b>ALQ-250-10-PRFV-19</b>	4,7	2,06	1,0317	0,04937	1,0811
<b>ALQ-250-10-PRFV-20</b>	0,63	2,06	0,13626	0,02984	0,1661
<b>ALQ-150-10-PRFV-21 (3)</b>	1,05	1,79	0,17147	0,01479	0,18626
<b>ALQ-150-10-PRFV-22 (3)</b>	1,05	1,79	0,17147	0,01479	0,18626
<b>ALQ-250-10-PRFV-23</b>	3,87	2,06	0,837	0,07132	0,90832
<b>ALQ-250-10-PRFV-24</b>	0,63	2,06	0,13626	0,00548	0,141746
<b>APR-350-10-PRFV-25</b>	6,08	2,2	1,4999	0,41426	1,914166
<b>APR-350-10-PRFV-26</b>	4,78	2,2	1,1792	12,679	13,8582
<b>AF-300-10-PRFV-27</b>	12,38	2,04	2,6259	0,09527	2,72117
<b>AF-50-10-PVC-28 (11)</b>	0,8	1,37	0,07653	0,00333	0,07986
<b>AF-50-10-PVC-29 (11)</b>	0,8	1,37	0,07653	0,00333	0,07986
<b>AR-300-10-PRFV-30</b>	13,03	2,04	2,76379	0,1732	2,93699
<b>AR-400-10-PRFV-31</b>	3,26	2,36	0,92543	5,75	6,675
<b>AR-300-10-PRFV-32</b>	4,56	2,04	0,96722	0,89612	1,8634
<b>AF-350-sch40-316L-33</b>	9,58	2,3	2,583	0,0859	2,6689

<b>AF-250-sch40-316L-34 (2)</b>	10,2	2,66	3,678	0,08379	3,761795
<b>AF-50-sch40-316L-35 (72)</b>	1,5	1,74	0,23146	0,01445	0,245916
<b>AR-40-sch40-316L-36 (72)</b>	1,5	1,66	0,21067	0,01806	0,223731
<b>AR-200-sch40-316L-37 (2)</b>	7,8	2,44	2,3669	0,09355	2,46045
<b>AR-300-sch40-316L-38</b>	28,6	2,16	6,801	0,27825	7,07925
<b>AR-80-sch40-316L-39 (11)</b>	0,8	2,99	0,3645	0,02425	0,388755
<b>AF-80-sch40-316L-40 (11)</b>	0,8	2,99	0,3645	0,02425	0,388755
<b>AF-300-sch40-316L-41</b>	14,3	2,16	3,4005	0,07616	3,476664
<b>AF-300-sch40-316L-42</b>	7,05	2,16	1,676	0,04062	1,71662
<b>AR-300-sch40-316L-43</b>	9,85	2,16	2,3423	0,06499	2,4073
<b>AR-300-sch40-316L-44</b>	9,85	2,16	2,3423	0,12917	2,47147

Tabla 2. 13. Pérdidas de carga de los tramos de tubería de la planta.

## 7.2.2. Altura útil y selección de bombas

### 7.2.2.1. Bomba de captación

Hemos calculado que para nuestra instalación necesitaremos 8 pozos, que en cada uno se utiliza una tubería que los llevará a un colector general que tendrá como destino el depósito inicial. De modo que, la bomba de captación se encargará de llevar el agua captada en los pozos a dicho tanque, mediante los tramos AM-200-10-PRFV-1, AM-200-10-PRFV-2 y AM-500-10-PRFV-3.

Para llevar a cabo la elección de la bomba será necesario conocer el caudal y la carga que deberá desarrollar. El caudal que aportamos será de  $46.875 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $1.953,125 \text{ m}^3/\text{h}$ ), por tanto el caudal para cada bomba será de  $5.859,375 \text{ m}^3/\text{día}$  ( $244,14 \text{ m}^3/\text{h}$ ). La capacidad la calcularemos a través de la ecuación de Bernoulli mencionada con anterioridad, donde el punto A se encuentra en la boca de la tubería sumergida 7 metros y el punto B en la salida de la conducción al depósito de inicio.

La velocidad en el punto A se considera igual a cero, y en el punto B será la que lleva el fluido en la conducción. La altura geométrica que mide la pérdida de carga debido a la

diferencia de cotas entre la captación en los pozos y el vaciado a depósito, y tomando como cota cero la boca del pozo:

- ❖ ZA: Descenso de nivel en pozo con valor de -7 metros.
- ❖ ZB: cota de descarga en depósito inicial con valor de 10 metros (estimada).

La presión en B será igual a la atmosférica y en A vendrá dada por la siguiente ecuación:

$$P_A = \rho \cdot h + P_{\text{atm}} = 1.025 \cdot 7 + 10.339,3 = 17.514,3 \text{ Kg/m}^2$$

Las pérdidas de carga que se producen desde la aspiración de la bomba de captación hasta el vaciado del depósito inicial se recogen en la siguiente tabla.

TRAMO DE TUBERIA	(hf)T (m)
AM-200-10-PRFV-1 (8)	0,64268
AM-200-10-PRFV-2 (8)	0,50517
AM-500-10-PRFV-3	4,4455
Mezclador Hipoclorito sódico	1,088
Mezclador Ácido sulfúrico	1,088
HT (m)	7,76935

Tabla 2. 14. Tramos de aplicación de la bomba de captación.

En este caso, aunque tengamos ocho tramos en las dos primeras tuberías, no haremos el sumatorio de ellas, ya que, instalaremos una bomba por tramo.

De modo que tendremos:

➤ Punto A:

$$v_A = 0 \text{ m/s}$$

$$z_A = -7 \text{ m}$$

$$P_A = 17.514,3 \text{ Kg/m}^2$$

➤ Punto B:

$$v_B = 2,66 \text{ m/s}$$

$$z_B = +10 \text{ m}$$

$$P_B = 10.339,3 \text{ Kg/m}^2$$

Sustituyendo en la ecuación de Bernoulli:

$$W = \left( 7,76935 + \frac{10.339,3 - 17.514,3}{1025} + (10 - (-7)) + \frac{2,66^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 18,13 \text{ m}$$

Con esto podemos decir que la bomba debe impulsar un caudal de 244,14 m<sup>3</sup>/h y realizar una carga mínima de 18,13 metros. La bomba que hemos elegido es del suministrador “BOMBAS ZEDA”, el modelo en cuestión es de la serie FT. Es una bomba centrífuga monocelular con unas características principales:

- Caudales hasta 350 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 95 metros.
- Presión mínima de prueba 10 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 2.900 r.p.m.
- Temperatura hasta +300<sup>0</sup>C.

El campo de aplicación de la bomba viene dado por la siguiente gráfica.

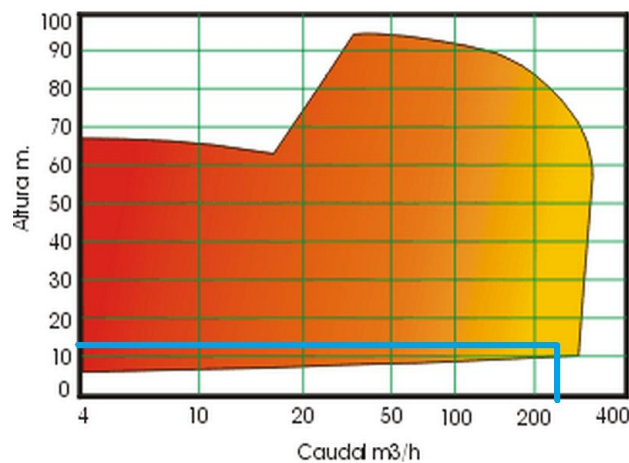


Figura 2. 13. Gráfica de aplicación de la bomba de captación seleccionada  
([www.bombaszeda.com](http://www.bombaszeda.com)).



### 7.2.2.2. Bombas de trasvase

#### ❖ Bomba de impulsión de agua de alimentación

Es la que se encarga de llevar el agua desde el depósito inicial de la planta hasta las bombas de alta presión de la ósmosis. En este tramo como en el anterior, aplicaremos la ecuación de Bernoulli, donde el punto A estará en la superficie del depósito inicial y el punto B se encontrará en la aspiración de la bomba de alta presión.

El punto A estará situado en la boca de la conducción sumergida a 3 metros, la velocidad se considerará cero en este punto y la superficie del depósito se tomará como cota de referencia, la presión de este punto será:

$$P_A = 1.025 \cdot 3 + 10.339,3 = 13.414,3 \text{ Kg/m}^2$$

El punto B tendrá una presión igual a la atmosférica, una velocidad igual a la que circule por la tubería en la que se encuentre, y la altura supuesta será de +1,5 metros. Las pérdidas de carga que se producen desde la salida del depósito inicial hasta la aspiración de las bombas de alta presión (teniendo en cuenta la pérdida de presión en los equipos) son:

TRAMO DE TUBERIA	(hf)T (m)
AM-350-10-PRFV-4	2,67641
AM-200-10-PRFV-5 (4)	4,54496
AM/AF-350-10-PRFV-6	4,478
AF-200-10-PRFV-7 (4)	1,49654
AF-200-10-PRFV-8 (4)	1,93292
AF-150-10-PRFV-9 (6)	1,57176
AF-350-10-PRFV-10	0,154
AF-150-10-PRFV-11 (6)	1,57176
AF-350-10-PRFV-12	3,7977
Filtros de arena	5,35

<b>Filtros de cartuchos</b>	29,13
<b>Mezclador Bisulfito sódico</b>	1,055
<b>Mezclador Antiincrustante</b>	1,055
<b>HT (m)</b>	58,81405

Tabla 2. 15. Tramos de aplicación de la bomba de impulsión de alimentación.

De esta forma tendremos:

➤ Punto A:

$$v_A = 0 \text{ m/s}$$

$$z_A = -3 \text{ m}$$

$$P_A = 13.414,3 \text{ Kg/m}^2$$

➤ Punto B:

$$v_B = 2,62 \text{ m/s}$$

$$z_B = +1,5 \text{ m}$$

$$P_B = 10.339,3 \text{ Kg/m}^2$$

Sustituyendo en la ecuación de Bernouilli:

$$W = \left( 58,81405 + \frac{10.339,3 - 13.414,3}{1025} + ((+1,5) - (-3)) + \frac{2,62^2}{2 \cdot 9,81} \right)$$

$$= 60,66346 \text{ m}$$

Con esto podemos decir que la bomba debe impulsar un caudal de 976,5625 m<sup>3</sup>/h y realizar una carga mínima de 60,66346 metros.

La bomba que hemos elegido es del suministrador “BOMBAS ZEDA”, el modelo en cuestión es de la serie ZS-ZSR. Es una bomba centrífuga monocelular con unas características principales:

- Caudales hasta 5.000 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 85 metros.
- Presión mínima de prueba 6 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 1.450 r.p.m.
- Temperatura desde -30<sup>0</sup>C hasta +105<sup>0</sup>C.

El campo de aplicación de la bomba viene dado por la siguiente gráfica.

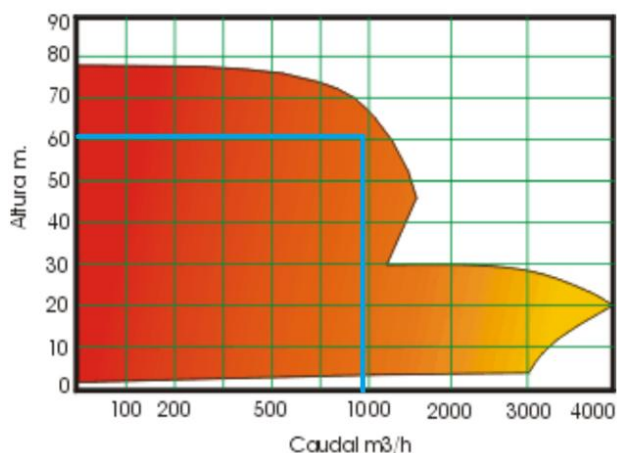


Figura 2. 14. Gráfica de operación de la bomba de alimentación seleccionada  
([www.bombaszeda.com](http://www.bombaszeda.com)).

#### ❖ Bomba de impulsión de permeado

Esta bomba se encarga de llevar el permeado procedente de la unidad de ósmosis hasta el tanque de agua producto o al depósito de lavado de membranas (según operación). Realizaremos los cálculos a través de la ecuación de Bernoulli, donde el punto A estará en la salida de los bastidores de la ósmosis y el punto B se encontrará en la superficie del agua en el depósito de agua producto.

En el punto A la velocidad será de 0,322 m/s, tendrá una altura de 4,5 metros y una presión:

$$P_A = 1.025 \cdot 4,5 + 10.339,3 = 14.951,8 \text{ Kg/m}^2$$

En el punto B la presión será la atmosférica y la velocidad será la de entrada al tanque (2,2 m/s), la altura suponiendo que el tanque se encuentre lleno será de 8,43 metros aproximadamente.

El caudal de permeado por línea será de 9.843,75 m³/día, pero como esta bomba se utilizará para ambas líneas, el caudal será el doble, por tanto será de 19.687,5 m³/día, es

decir, 820,3125 m<sup>3</sup>/h. Las pérdidas de carga que se producen desde la salida de permeado de la ósmosis hasta el tanque de agua producto se muestran a continuación.

TRAMO DE TUBERIA	(hf)T (m)
AP-40-10-PVC-13 (72)	0,03168
AP-150-10-PRFV-14 (4)	1,373584
AP-250-10-PRFV-15	0,693468
AP-350-10-PRFV-16	0,93923
AP-350-10-PRFV-17	0,856683
APR-350-10-PRFV-25	1,914166
Mezclador Hipoclorito sódico	0,744
Mezclador Hidróxido cálcico	0,744
HT (m)	7,296811

Tabla 2. 16. Tramos de aplicación de la bomba de impulsión de permeado.

Como ambas líneas de operación se unen donde se encuentra la bomba, y ésta es la encargada de impulsar el permeado de ambas líneas, los tramos AP-40-10-PVC-13, AP-150-10-PRFV-14, AP-250-10-PRFV-15, AP-350-10-PRFV-16 y AP-350-10-PRFV-17, se contarán como dos, de manera que a lo calculado en la tabla anterior debemos sumarle las pérdidas en estas líneas de nuevo, dándonos como resultado final una pérdida de carga para este caso de 11,191456 metros.

Así que tendremos:

➤ Punto A:

$$v_A = 0,322 \text{ m/s}$$

$$z_A = 4,5 \text{ m}$$

$$P_A = 14.951,8 \text{ Kg/m}^2$$

➤ Punto B:

$$v_B = 2,2 \text{ m/s}$$

$$z_B = 8,43 \text{ m}$$

$$P_B = 10.339,3 \text{ Kg/m}^2$$

Sustituyendo en la ecuación de Bernouilli:

$$W = \left( 11,191456 + \frac{10.339,3 - 14.951,8}{1025} + (8,43 - 4,5) + \frac{2,2^2 - 0,322^2}{2 \cdot 9,81} \right)$$
$$= 10,863 \text{ m}$$

Con esto podemos decir que la bomba debe impulsar un caudal de 820,3125 m<sup>3</sup>/h y realizar una carga mínima de 10,863 metros.

La bomba que hemos elegido es del suministrador “BOMBAS ZEDA”, el modelo en cuestión es de la serie ZS-ZSR. Es una bomba centrífuga monocelular con unas características principales:

- Caudales hasta 5.000 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 85 metros.
- Presión mínima de prueba 6 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 1.450 r.p.m.
- Temperatura desde -30<sup>0</sup>C hasta +105<sup>0</sup>C.

El campo de aplicación de la bomba viene dado por la siguiente gráfica.

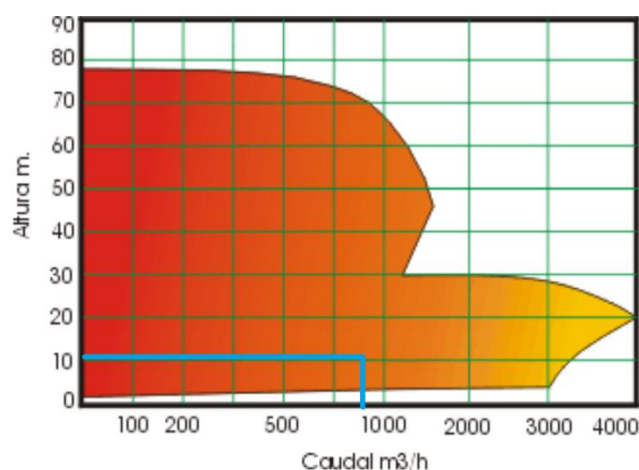


Figura 2. 15. Gráfica de operación de la bomba de impulsión de permeado seleccionada (www.bombaszeda.com).

❖ Bomba de impulsión de salmuera.

El objetivo principal de esta bomba es el de llevar el rechazo de la salmuera procedente de los intercambiadores de presión hasta su vertido de nuevo al mar. El punto A estará a la salida de la salmuera de los intercambiadores de presión y el punto B se encontrará sumergido en el mar.

En el punto A la velocidad será la calculada anteriormente para ese tramo de tubería y la cota será cero, la presión en este punto se calculará a través de la siguiente expresión.

$$P_A = 1.025 \cdot 0 + 10.339,3 = 10.339,3 \text{ Kg/m}^2$$

En el punto B la velocidad corresponderá a la calculada con anterioridad para el tramo en cuestión, la presión será calculada a continuación y consideraremos una cota inferior al punto A de 40 metros.

$$P_B = 1.025 \cdot 40 + 10.339,3 = 51.339,3 \text{ Kg/m}^2$$

Las pérdidas de carga que se producen a lo largo de las tuberías implicadas se muestran en la siguiente tabla.

TRAMO DE TUBERIA	(hf)T (m)
AR-50-10-PVC-29 (11)	0,87846
AR-300-10-PRFV-30	2,93699
AR-400-10-PRFV-31	6,675
AR-300-10-PRFV-32	1,8634
HT (m)	12,35385

Tabla 2. 17. Tramos de aplicación de la bomba de impulsión de salmuera.

En este caso tenemos que los tramos AR-50-10-PVC-29 y AR-300-10-PRFV-30, también se encuentran en la segunda línea de operación, por lo que las tendremos en cuenta de nuevo, así que, las pérdidas de carga totales en este tramo serán de 16,1693 metros.

De esta forma tendremos:

➤ Punto A:

$$v_A = 2,04 \text{ m/s}$$

$$z_A = 0 \text{ m}$$

$$P_A = 10.339,3 \text{ Kg/m}^2$$

➤ Punto B:

$$v_B = 2,36 \text{ m/s}$$

$$z_B = -40 \text{ m}$$

$$P_B = 51.339,3 \text{ Kg/m}^2$$

Sustituyendo en la ecuación de Bernouilli:

$$W = \left( 16,1693 + \frac{51.339,3 - 10.339,3}{1025} + (-40) + \frac{2,36^2 - 2,04^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 16,241 \text{ m}$$

Con esto podemos decir que la bomba debe impulsar un caudal de 1.132,8125 m<sup>3</sup>/h y realizar una carga mínima de 16,241 metros.

La bomba que hemos elegido es del suministrador “BOMBAS ZEDA”, el modelo en cuestión es de la serie ZS-ZSR. Es una bomba centrífuga monocelular con unas características principales:

- Caudales hasta 5.000 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 85 metros.
- Presión mínima de prueba 6 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 1.450 r.p.m.
- Temperatura desde -30<sup>0</sup>C hasta +105<sup>0</sup>C.

El campo de aplicación de la bomba viene dado por la siguiente gráfica.

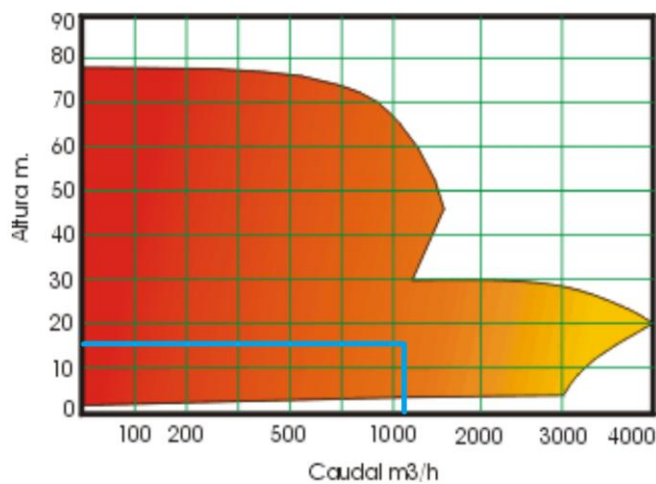


Figura 2. 16. Gráfica de operación de la bomba de impulsión de salmuera seleccionada (www.bombaszeda.com).

❖ Bomba de impulsión de agua producto.

Esta bomba tiene como objetivo llevar el agua desde el depósito de agua producto hasta la acometida para su abastecimiento, situado a una distancia de 1.500 metros. El punto A estará en la salida del depósito de agua producto y el punto B en dicha acometida.

En el punto A la velocidad y la cota se considerarán cero, y la presión en este punto se calculará a través de la altura de la columna de agua.

$$P_A = 1.025 \cdot 15 + 10.339,3 = 25.714,3 \text{ Kg/m}^2$$

En el punto B la velocidad será la que se calculara con anterioridad para ese tramo de tubería, la presión será la calculada a continuación, y consideraremos una cota superior al punto A de 30 metros.

$$P_A = 1.025 \cdot 30 + 10.339,3 = 41.089,3 \text{ Kg/m}^2$$

El caudal que pasará por esta bomba será de 820,3125 m³/h. Las pérdidas de carga que se producen a lo largo de esta tubería se muestran en la siguiente tabla.



TRAMO DE TUBERIA	(hf)T (m)
APR-350-10-PRFV-26	13,8582
HT (m)	13,8582

Tabla 2. 18. Tramo de aplicación de la bomba de impulsión de agua producto.

De esta forma tendremos:

➤ Punto A:

$$v_A = 0 \text{ m/s}$$

$$z_A = 0 \text{ m}$$

$$P_A = 25.714,3 \text{ Kg/m}^2$$

➤ Punto B:

$$v_B = 2,2 \text{ m/s}$$

$$z_B = 30 \text{ m}$$

$$P_B = 41.089,3 \text{ Kg/m}^2$$

Sustituyendo en la ecuación de Bernouilli:

$$W = \left( 13,8582 + \frac{41.089,3 - 25.714,3}{1025} + 30 + \frac{2,2^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 59,105 \text{ m}$$

Con esto podemos decir que la bomba debe impulsar un caudal de 820,3125 m<sup>3</sup>/h y realizar una carga mínima de 59,105 metros.

La bomba que hemos elegido es del suministrador “BOMBAS ZEDA”, el modelo en cuestión es de la serie ZS-ZSR. Es una bomba centrífuga monocelular con unas características principales:

- Caudales hasta 5.000 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 85 metros.
- Presión mínima de prueba 6 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 1.450 r.p.m.
- Temperatura desde -30<sup>0</sup>C hasta +105<sup>0</sup>C.

El campo de aplicación de la bomba viene dado por la siguiente gráfica.

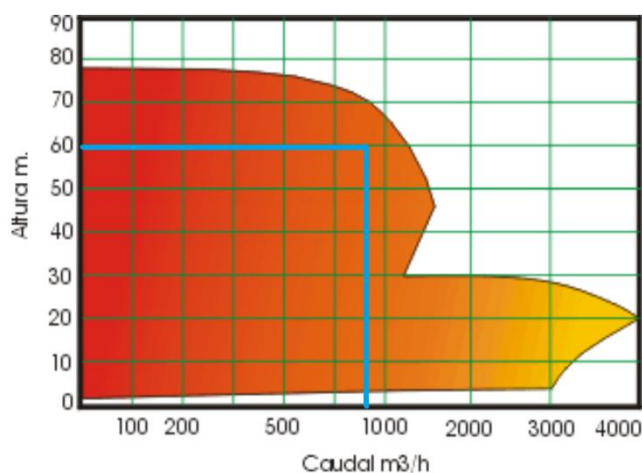


Figura 2. 17. Gráfica de operación de la bomba de impulsión de agua producto seleccionada ([www.bombaszeda.com](http://www.bombaszeda.com)).

#### 7.2.2.3. Bomba de lavado químico

Como hemos expuesto anteriormente, los fabricantes son los que recomiendan el caudal de lavado químico por cada tubo de presión, en nuestro caso elegimos un caudal de 5,5 m<sup>3</sup>/h por cada tubo, lo que hace un total de 792 m<sup>3</sup>/h. Los cálculos que se van a realizar son teniendo en cuenta la posible limpieza de ambas unidades de ósmosis a la vez, lo cual, no será muy habitual.

En el apartado 9 de esta memoria de cálculo, se recoge el lavado de las membranas y hacemos referencia a la presión de lavado, la cual según fabricante se encuentra en 4,22 bar (60 psi).

En este caso, como hasta ahora, haremos uso de la ecuación de Bernoulli para los cálculos necesarios, encontrándose el punto A a la salida del depósito de lavado químico y el punto B en la entrada de los bastidores de la ósmosis.

En el punto A la velocidad será cero y contará con una cota de 0 metros, teniendo una presión, según la columna de agua del tanque de:

$$P_A = 1.025 \cdot 5,2 + 10.339,3 = 15.669,3 \text{ Kg/m}^2$$

En el punto B la velocidad será la que circule por el tramo de tubería en cuestión, tendremos una cota de 4,5 y una presión igual a la recomendada por los fabricantes de membranas.

Las pérdidas de carga que se producen se recogen en la siguiente tabla.

TRAMO DE TUBERIA	(hf)T (m)
ALQ-350-10-PRFV-18	0,85885
ALQ-250-10-PRFV-19	1,0811
ALQ-150-10-PRFV-20	0,1661
ALQ-150-10-PRFV-21 (3)	0,55878
ALQ-150-10-PRFV-22 (3)	0,55878
ALQ-250-10-PRFV-23	0,90832
ALQ-250-10-PRFV-24	0,141746
AF-350-sch40-316L-33	2,6689
AF-250-sch40-316L-34 (2)	7,52359
AF-50-sch40-316L-35 (72)	17,71
Filtros de cartucho	10,553
HT (m)	42,729166

Tabla 2. 19. Tramo de aplicación de la bomba de limpieza química.

En este caso, la bomba de lavado químico abastecerá a ambas líneas de operación, por tanto, las líneas ALQ-250-10-PRFV-19, ALQ-150-10-PRFV-20, ALQ-150-10-PRFV-21, ALQ-150-10-PRFV-22, ALQ-250-10-PRFV-23, ALQ-250-10-PRFV-24, AF-350-sch40-316L-33, AF-250-sch40-316L-34 y AF-50-sch40-316L-35, se contarán como dobles, incluyendo a los filtros de cartucho, por tanto, las pérdidas totales serán de 84,5995 metros.

De esta forma tendremos:

➤ Punto A:

$$v_A = 0 \text{ m/s}$$

$$z_A = 0 \text{ m}$$

$$P_A = 15.669,3 \text{ Kg/m}^2$$

➤ Punto B:

$$v_B = 1,74 \text{ m/s}$$

$$z_B = 4,5 \text{ m}$$

$$P_B = 40.200 \text{ Kg/m}^2$$

Sustituyendo en la ecuación de Bernouilli:

$$W = \left( 84,5995 + \frac{40.200 - 15.669,3}{1025} + 4,5 + \frac{1,74^2}{2 \cdot 9,81} \right) = 113,19 \text{ m}$$

Con esto podemos decir que la bomba debe impulsar un caudal de 792 m<sup>3</sup>/h y realizar una carga mínima de 113,19 metros.

La bomba que hemos elegido es del suministrador “BOMBAS ZEDA”, el modelo en cuestión es de la serie ZJ-ZK. Es una bomba centrífuga multicelular con unas características principales:

- Caudales hasta 1.500 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 400 metros.
- Presión mínima de prueba 16 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 3.000/3.600 r.p.m.
- Temperatura desde -30<sup>0</sup>C hasta +105<sup>0</sup>C.

El campo de aplicación de la bomba viene dado por la siguiente gráfica.

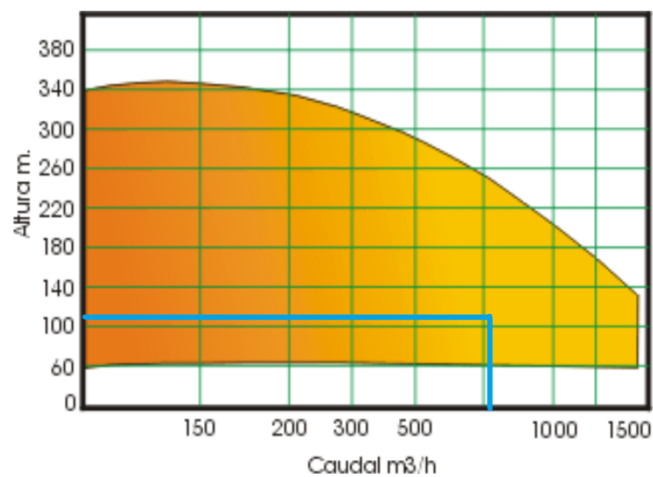


Figura 2. 18. Gráfica de operación de la bomba de limpieza química seleccionada (www.bombaszeda.com).

#### 7.2.2.4. Bombas dosificadoras

Estas bombas son las encargadas de dosificar los químicos a las líneas de operación, de manera que deben ser adecuadas para el pequeño caudal que se utilizará. A continuación podemos ver los caudales de cada químico que se utilizará.

PRODUCTO	CAUDAL
	L/h
Hipoclorito sódico (pret.)	39
Ácido sulfúrico	21,23
Bisulfito sódico	14,26
Antiincrustante	0,97
Hidróxido cálcico	64,1
Hipoclorito sódico (post)	16,4

Tabla 2. 20. Caudales en litro/hora de dosificación.

La elección de las bombas se hace por medio del caudal a dosificar, de modo que, hemos escogido una bomba del suministrador “LEWA”, concretamente el modelo

“ECODOS”. Se trata de una bomba de diafragma con un rango de caudal desde 0,4 a 1.500 l/h, con una presión de hasta 20 bar.

En la siguiente tabla se observa las características principales de estas bombas.

CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS			
Type/ Flow rate eff. (Qmax at pmax) (l/h)	Stroke frequency at 50 Hz (min -1)	Performance, simplex pump (Kw)	Approx. weight (simplex incl. motor) (kg)
2	27	0,18	15
25	80	0,18	15
50	160	0,25	15
90	80	0,37	23

Tabla 2. 21. Características de las bombas dosificadoras (www.lewa.com).

#### 7.2.2.5. Bombas de alta presión

Esta bomba será la más importante de todas, ya que su objetivo es el de impulsar el agua a los bastidores de ósmosis. El diseño que hemos utilizado nos lleva a tener dos líneas de operación, con una etapa cada una.

Para llevar a cabo los cálculos de manera óptima vamos a usar la ecuación de Bernouilli y así obtener la carga que deberá soportar la bomba. El caudal será el que circula por cada línea, es decir, 976,5625 m<sup>3</sup>/h. En este caso el punto A estará en la salida de impulsión de la bomba y el punto B en la acometida de los tubos de presión.

La velocidad en el punto A y B deben ser las mismas, la altura en el punto A será cero, mientras que la del punto B será de 4,5 metros. A la hora de hablar de las presiones, debemos tener en cuenta la presión de operación calculada con anterioridad en el apartado 2 de esta memoria de cálculo, donde adquiere un valor de 59,7595 bar (597,595 m), siendo ésta la diferencia de presión entre el punto A y el B.

Las pérdidas de carga que se produce en los tramos de tuberías que se ven implicados se muestran en la siguiente tabla.

TRAMO DE TUBERIA	(hf)T (m)
AF-350-sch40-316L-33	2,6689
AF-250-sch40-316L-34 (2)	7,52359
AF-50-sch40-316L-35 (72)	17,705952
HT (m)	27,898442

Tabla 2. 22. Tramo de aplicación de la bomba de alta presión.

Así, nos queda:

➤ Punto A:

$$v_A = v_B$$

$$z_A = 0 \text{ m}$$

➤ Punto B:

$$v_B = v_A$$

$$z_B = 4,5 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación de Bernouilli:

$$W = (27,898442 + 597,595 + 4,5 + 0) = 626,993442 \text{ m}$$

Con esto podemos decir que la bomba debe impulsar un caudal de 976,5625 m<sup>3</sup>/h y realizar una carga mínima de 626,993442 metros.

Hemos elegido una bomba suministrada por “SULZER”, de la serie MC (50 Hz), con un rango de aplicación hasta 180 bar.

A continuación observamos los campos de trabajo de la bomba.

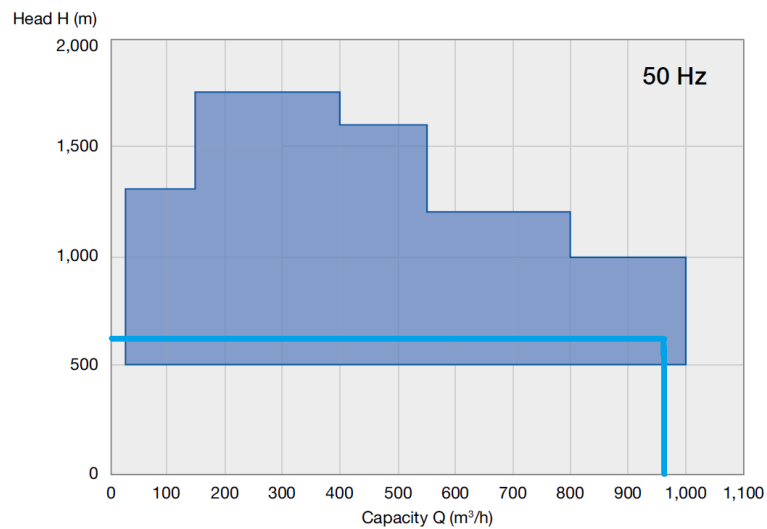


Figura 2. 19. Gráfica de operación de la bomba de alta presión seleccionada (www.sulzer.com).

### 7.2.3. Cálculo de la potencia de las bombas

Para realizar el cálculo de la potencia que consumirá cada bomba utilizaremos las siguientes ecuaciones:

$$P = \frac{\rho \cdot Q_B \cdot H}{367 \cdot \eta_B} \quad [2.48.]$$

$$P_{\text{eléctrica}} = \frac{P}{\eta_{\text{motor}}} \quad [2.49.]$$

Donde:

- P: potencia de la bomba.
- QB: caudal de fluido bombeado (m³/h).
- H: altura útil de operación de la bomba (m).
- ηB: rendimiento de la bomba.
- Peléctrica: potencia eléctrica que consume el motor de la bomba.
- ρ: densidad del agua (1,025 kg/dm³).



Suponemos que el rendimiento de las bombas esté a un 85% para todas ellas. Por ejemplo, para las bombas de captación tendremos:

$$P = \frac{1,025 \cdot 244,14 \cdot 18,13}{367 \cdot 0,85} = 14,544$$

$$P_{\text{eléctrica}} = \frac{14,544}{0,95} = 15,31 \text{ Kw}$$

A continuación se muestra una tabla con las potencias consumidas en cada bomba, excepto las bombas de alta presión, las cuales se han calculado en el apartado 3 de esta memoria de cálculo.

BOMBA	Q <sub>B</sub> (m <sup>3</sup> /h)	H (m)	Rendimiento de las bombas	Rendimiento del motor	P (Kw)
<b>Captación</b>	244,14	18,13	0,85	0,95	15,31
<b>Impulsión de la alimentación</b>	976,5625	60,66346	0,85	0,95	204,9
<b>Impulsión de permeado</b>	820,3125	10,863	0,85	0,95	30,82
<b>Impulsión de agua producto</b>	820,3125	59,105	0,85	0,95	167,69
<b>Impulsión salmuera</b>	1.132,8125	16,241	0,85	0,95	63,63
<b>Lavado químico</b>	792	113,19	0,85	0,95	310,06

Tabla 2. 23. Potencia consumida por las bombas.

## 8. MEZCLADORES ESTÁTICOS Y AGITADORES

### 8.1. Mezcladores estáticos

Instalaremos mezcladores estáticos con el fin de mejorar la mezcla de los químicos tanto en el pretratamiento como en el postratamiento. De esta forma, aseguraremos la mezcla homogénea en los puntos de dosificación química, a continuación podemos ver un esquema del funcionamiento de estos dispositivos.

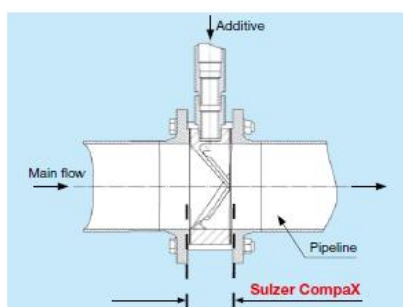


Figura 2. 20. Esquema de un mezclador estático (www.sulzer.com).

Los mezcladores estáticos elegidos son del suministrador “SULZER”, concretamente de la serie CompaX, empleándose en los tramos AM-500-10-PRFV-3, AM/AF-350-10-PRFV-6 y APR-350-10-PRFV-25, donde se lleva a cabo la dosificación de los productos químicos.

Realizaremos un ejemplo para su dimensionamiento con el primer tramo. Para ello calcularemos en primer lugar la longitud del elemento, siendo un 30% del diámetro de la tubería según el fabricante.

$$L_{\text{mezclador}} = 0,3 \cdot D_{\text{tubería}} = 0,3 \cdot 0,51 = 0,153 \text{ m}$$

Para calcular la pérdida de carga en estos elementos Sulzer nos expone en su catálogo una ecuación con la que poder calcularla, la cual se expone a continuación.

$$\Delta P = 0,015 \cdot \rho \cdot v^2 \quad [2.50.]$$

La densidad que podemos observarla en el siguiente apartado como se obtiene de la grafica junto con la temperatura, siendo  $1025 \text{ Kg/m}^3$ . así, nos queda:

$$\Delta P = 0,015 \cdot 1025 \cdot 2,66^2 = 108,787 \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} = 0,108787 \text{ bar} = 1,088 \text{ m}$$

En la siguiente tabla se recogen para los diferentes tramos los datos obtenidos para los mezcladores estáticos.

TRAMO DE TUBERIA	L (m)	$\Delta P$ (m)
<b>DHS-10-16-PEBD-29</b>	0,153	1,088
<b>DAS-10-16-PEAD-30</b>	0,153	1,088
<b>DBS-10-16-PEBD-31</b>	0,1089	1,055
<b>DA-10-16-PEBD-32</b>	0,1089	1,055
<b>DHS-10-16-PEBD-33</b>	0,1089	0,744
<b>DHC-10-16-PEBD-34</b>	0,1089	0,744

Tabla 2. 24. Longitud y pérdida de carga en los mezcladores estáticos.

## 8.2. Agitadores

Para poder conseguir que los químicos que dosifiquemos sean una mezcla homogénea, haremos uso de agitadores en los depósitos de limpieza química y de hidróxido cálcico.

Para llevar a cabo la elección del agitador correcto nos guiaremos por el volumen a agitar, que para el lavado de membranas será de  $40 \text{ m}^3$  y para el depósito de hidróxido cálcico será de  $35 \text{ m}^3$ .

Hemos escogido un agitador del suministrador “FLUIDMIX”, concretamente de la serie HPS3, es un mezclador de entrada lateral que abarca volúmenes desde  $10$  a  $100 \text{ m}^3$ , a continuación se muestra una tabla con el modelo seleccionado.

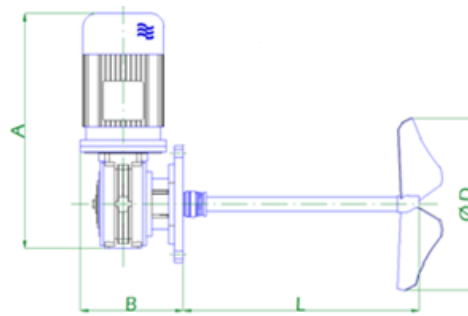


Figura 2. 21. Esquema de los agitadores para los tanques (www.fluidmix.com).

MODELO	POWER (KW)	SPEED (r.p.m.)	A (mm)	B (mm)	D (mm)	L (mm)	VOL. (m <sup>3</sup> )
HPS3-08 17 B 04	2,2	290	510	261	400	550	50

Tabla 2. 25. Características del modelo de mezclador estático seleccionado  
(www.fuidmix.com).

De modo que, elegiremos el modelo “HPS3-08 B 04” para ambos depósitos, ya que según el volumen es el que mejor se adapta a los dos tanques mencionados antes.

## 9. SISTEMA DE LAVADO DE MEMBRANAS

### 9.1. Introducción

Cuando el agua llega a las membranas contiene todo tipo de sustancias (como óxidos metálicos, silicatos de aluminio, materia orgánica, etc.), produciendo ensuciamientos que afectan gravemente a los elementos que componen las membranas.

Los síntomas de un ensuciamiento no siempre son detectables de forma inmediata, suelen manifestarse como pérdidas de la calidad del agua producto, disminución de la producción o aumento de las presiones de trabajo. En el momento que se produzcan cambios en los parámetros normalizados de funcionamiento en cualquier punto del bastidor, presión diferencial, caudal de permeado y de paso de sales, debe programarse

cuanto antes la limpieza con el fin de recuperar la situación original. El sistema de lavado constará de un depósito químico, una bomba de lavado químico y varios filtros de cartucho. El producto químico que vamos a utilizar en la limpieza es Opticlean, suministrado por “PROFESSICNAL WATERTECHNOLOGIES, INC”.

Ahora realizaremos los cálculos pertinentes para el dimensionamiento del lavado químico.

## 9.2. Depósito de limpieza química

Para poder realizar el dimensionamiento del depósito de limpieza química debemos tener en cuenta algunas características.

- Tiene que poder contener suficiente agua para llenar los tubos a presión, las membranas y tuberías, siendo capaz de disolver la cantidad de químico necesario.
- Debe usarse 1 libra de Opticlean por cada 15 galones de agua en el tanque.
- La presión para el lavado debe ser de 60 psi (4,22 bar).
- El caudal para cada tubo a presión de 8” debe ser de 35 gpm (7,948 m<sup>3</sup>/h), para conseguir el barrido adecuado.
- Las velocidades varían de 1,5 a 2,5 m/s.

Para calcular el volumen y dimensiones de depósito, usaremos la siguiente ecuación:

$$V_{\text{depósito}} = V_{\text{bastidor ósmosis}} + V_{\text{tuberías}} \quad [2.51.]$$

### ➤ Volumen de agua necesario para limpieza química de las membranas.

Las membranas van encerradas en tubos de presión “CODELINE 80E30”, cuyas dimensiones pueden observarse en el anexo 1 “datos técnicos de los equipos”, como en cada tubo tenemos 7 membranas podemos decir que los tubos tendrán una longitud de 7,645 m y un diámetro de 0,209 m. de manera que nos queda:

$$V_{\text{tubos a presión}} = L \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 7,645 \cdot \pi \cdot \frac{(0,209)^2}{4} = 0,2623 \text{ m}^3 = 262,3 \text{ litros}$$

El sistema de limpieza será el mismo para ambas líneas de operación, suponemos que ambos bastidores se estén lavando al mismo tiempo, de este modo, tendremos los 120 tubos lavando.

$$V_{\text{bastidor ósmosis}} = V_{\text{tubos a presión}} \cdot 144 = 0,2623 \cdot 144 = 37,7712 \text{ m}^3 = 37.771,2 \text{ litros}$$

➤ Volumen de agua necesario para el circuito hidráulico de lavado.

El volumen de agua del sistema hidráulico de limpieza vendrá determinado por el diámetro y longitud de las tuberías que lo componen, éstas se muestran a continuación.

TRAMO DE TUBERIA	D <sub>int</sub> (mm)	LONGITUD (m)	A (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )
ALQ-350-10-PRFV-18	363	4	0,1035	0,41
ALQ-250-10-PRFV-19	260,6	4,5	0,0533	0,23985
ALQ-250-10-PRFV-20	260,6	2,72	0,0533	0,144976
ALQ-150-10-PRFV-21 (3)	163,8	1	0,0211	0,0633
ALQ-150-10-PRFV-22 (3)	163,8	1	0,0211	0,0633
ALQ-250-10-PRFV-23	260,6	6,5	0,0533	0,34645
ALQ-250-10-PRFV-24	260,6	0,5	0,0533	0,02665
<b>VOLUMEN TOTAL=</b>				<b>1,294526</b>

Tabla 2. 26. Volumen del sistema hidráulico en el lavado químico.

Debemos tener en cuenta que todos los tramos excepto el primero también se encontrarán en la segunda línea de operación, por lo que se contarán como doble, de manera que el volumen total del sistema hidráulico será de 2,1791 m<sup>3</sup>.

De esta forma, el volumen total del sistema de lavado de membranas será:

$$V_{\text{depósito}} = 37.771,2 + 2.179,1 = 39.950,3 \text{ litros} = 39,95 \text{ m}^3$$

Elegiremos un tanque para este caso un tanque de PRFV, de 40.000 litros, de la empresa “ATERMIC”, cuyas dimensiones son:

- Diámetro: 3,2 m
- Altura: 5,475 m

### 9.3. Dosis del limpiador

El fabricante de Opticlean recomienda que para realizar la mezcla de forma adecuada debe mezclarse 1 libra de opticlean por cada 15 galones de agua en el tanque, de modo que tenemos:

$$1 \text{ libra} = 0,453592 \text{ Kg}$$

$$15 \text{ galones} = 56,775 \text{ litros}$$

A través de una regla de tres obtendremos la cantidad de Opticlean que debemos añadir a nuestro tanque de limpieza química.

$$\begin{array}{ll} 40.000 \text{ litros} & \rightarrow \quad \quad x \text{ Kg} \\ 56,775 \text{ litros} & \rightarrow \quad 0,453592 \text{ Kg} \end{array}$$

$$x = 319,57 \text{ Kg}$$

Finalmente podemos decir que para los 40.000 litros de nuestro depósito de limpieza de membranas, será necesario añadir 319,57 Kg de Opticlean.

#### 9.4. Filtros de cartuchos

Vamos a instalar unos filtros de cartuchos de manera que el lavado de las membranas se produzca de la manera más óptima posible, así tendremos la seguridad de que a la hora del lavado de las membranas no inyectaremos sólidos ni sustancias indeseables que puedan afectar al posterior funcionamiento de las mismas.

Tenemos un caudal por cada línea de 396 m<sup>3</sup>/h, vamos a pasarlo a galones por minuto para ahorrar tiempo en cálculos.

$$Q = 396 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{264,172 \text{ galones}}{1 \text{ m}^3} = 104.612,112 \frac{\text{galones}}{\text{h}}$$

$$Q = 104.612,112 \frac{\text{galones}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 1.743,5352 \text{ gpm}$$

Debido al gran caudal de agua que tenemos, vamos a utilizar los mismos filtros y portafiltros utilizados en el pretratamiento, del fabricante “HARMSCO”, concretamente el modelo HIF-200-FL del mismo fabricante. Así que del mismo modo que con los filtros del pretratamiento:

$$N_{\text{portafiltros}} = \frac{Q_{\text{por cada línea}}}{Q_{\text{de cada filtro}}} = \frac{396 \text{ m}^3/\text{h}}{2,76 \text{ m}^3/\text{h}} = 143,5 \approx 144 \text{ filtros}$$

$$N_{\text{portafiltros}} = \frac{N_{\text{unidades}}}{N_{\text{unidades por portafiltro}}} = \frac{144}{70} = 2,1 \approx 3 \text{ portafiltros}$$

Finalmente podemos decir que instalaremos 3 portafiltros por línea, lo que supone un total de 6 en la planta.

#### - Pérdidas de carga en los filtros

En este apartado utilizaremos la gráfica de la pérdida de carga de los portafiltros seleccionados anteriormente, teniendo en cuenta que el caudal por cada portafiltro es de.

$$Q_{\text{portafiltro}} = \frac{Q_{\text{por portafiltro}}}{N^{\circ} \text{ portafiltros}} = \frac{1.743,5352 \text{ gpm}}{3} = 581,1784 \text{ gpm}$$



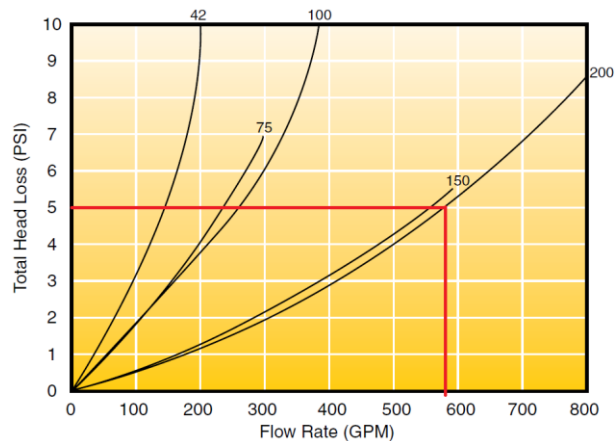


Figura 2. 22. Gráfica de pérdidas de carga de los filtros de cartuchos  
(www.harmsco.com).

De modo que, finalmente podemos decir que la pérdida de presión de cada portafiltro es de 5 psi, y en cada línea 15 psi (10,553 metros).

### 9.5. Bomba de impulsión de lavado químico

La bomba que hemos elegido es del suministrador “BOMBAS ZEDA”, el modelo en cuestión es de la serie ZJ-ZK. Es una bomba centrífuga multicelular con unas características principales:

- Caudales hasta 1.500 m<sup>3</sup>/h.
- Alturas hasta 400 metros.
- Presión mínima de prueba 16 Kg/cm<sup>2</sup>.
- Velocidad de 3.000/3.600 r.p.m.
- Temperatura desde -30<sup>0</sup>C hasta +105<sup>0</sup>C.

El dimensionamiento de la bomba se encuentra en el apartado 7.2.2.3., del dimensionado del sistema hidráulico de esta memoria de cálculo, y sus características en el anexo 1 “datos técnicos de los equipos.

# ANEXOS

## ANEXOS

<b>1. IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>312</b>
1.1. Introducción.....	313
1.2. Parcela de la planta desaladora .....	314
1.3. Aspectos ambientales.....	314
1.3.1. Construcción.....	314
1.3.2. Uso del suelo .....	315
1.3.3. Contaminación acústica .....	315
1.3.4. Olores .....	315
1.3.5. Consumo de energía.....	316
1.3.6. Edificaciones.....	316
1.3.7. Emisiones.....	317
1.3.8. Vertidos.....	317
1.4. Ámbito social.....	320
<b>2. CONTROL DE LA PLANTA.....</b>	<b>321</b>
2.1. Controles automáticos medidos en continuo.....	323
2.1.1. Instrumentación de la planta.....	323
2.1.2. Instalación en la planta.....	327

2.1.3. Sistema de control.....	330
2.1.4. Bucles de control.....	332
2.2. Controles in situ y en el laboratorio.....	336
2.2.1. Agua de captación.....	337
2.2.2. Agua pretratada .....	338
2.2.3. Control de bastidores de membranas .....	340
2.2.4. Control de lavado químico en bastidores.....	340
2.2.5. Controles antes del post-tratamiento .....	342
2.2.6. Controles después del post-tratamiento .....	343
<b>3. SEGURIDAD EN LA PLANTA .....</b>	<b>345</b>
3.1. Identificación de los riesgos laborales .....	346
3.2. Medidas contra los riesgos laborales.....	349
3.3. Sistema general contraincendios .....	350
3.4. Seguridad frente a los reactivos .....	352
<b>4. DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS.....</b>	<b>361</b>
<b>5. FICHAS DE SEGURIDAD .....</b>	<b>403</b>

# **ANEXO I: IMPACTO AMBIENTAL**

## **1. IMPACTO AMBIENTAL**

### **1.1. Introducción.**

La desalación del agua debe hacerse de la manera más sostenible posible. La sostenibilidad se entiende como el modelo que responde de forma equitativa a las necesidades ambientales y al desarrollo de las generaciones futuras. Los efectos negativos directos o indirectos en el medio ambiente por la desalación del agua de mar son derivados de la energía empleada en sus procesos, el vertido de salmuera y de productos químicos y los medios arquitectónicos.

El termino impacto ambiental se utiliza en dos campos diferentes aunque relacionados entre sí, el ámbito científico y el jurídico-administrativo. El primero ha dado lugar al desarrollo de metodologías para identificar y valorar los impactos ambientales, las cuales incluyen el proceso que se define como Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). El segundo ha producido una normativa que garantiza que un determinado proyecto pueda ser modificado o rechazado debido a sus consecuencias ambientales.

En este sentido, desde el punto de vista ambiental, el principal requisito administrativo que requiere la construcción de una desaladora, es la obligación de realizar un estudio de impacto ambiental.

En este apartado se ofrece una orientación básica sobre las afecciones que una planta desaladora como la que se proyecta en el presente proyecto es capaz de causar en el medio natural, mencionando de forma resumida, los contenidos que debe contemplar el Estudio de Impacto Ambiental de una desaladora. Se desarrolla dentro del marco que ofrece el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de Enero, por la que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

## **1.2. Parcela de la desaladora.**

El lugar donde vamos a situar la planta desaladora debe cumplir una serie de requisitos:

- La protección de áreas edificadas y declaradas de interés medioambiental.
- Cercanía de la zona de abastecimiento.
- Cercanía de la fuente de energía.
- Cercanía a zonas costeras.
- Zonas donde el vertido de salmuera al mar no afecten a los hábitats de interés.

La parcela seleccionada se encuentra en una zona situada entre las poblaciones de Motril y Salobreña, de manera que pueda abastecer a ambas ciudades. En el documento de los planos podemos encontrar un plano donde se encuentra el emplazamiento de la planta desaladora.

## **1.3. Aspectos ambientales.**

### **1.3.1. Construcción.**

Durante el periodo de construcción de la planta desaladora se generarán impactos como: emisiones, alteración del hábitat de especies marina, en la tierra y en aire, ruidos, etc. cualquier propuesta de actividades como zanjeo, rellenar o dragado deben ser en complicidad con la normativa vigente.

Para reducir estos impactos se recurrirá a medidas de mitigación como el uso de catalizadores en maquinaria pesada como topes de ruidos, minimizar el número y longitudes de líneas de conducción, un adecuado manejo de residuos, etc.

### **1.3.2. Uso del suelo.**

El ambiente físico es transformado casi completamente de un estado “natural” a espacios con estructuras de diferentes dimensiones, funciones y materiales. Estas actividades pueden comprender excavaciones, rellenos, nivelado, etc., que generan alteraciones importantes en la topografía y geografía local. Sin embargo, este tipo de alteraciones y daños son mínimos, ya que en la mayoría de los casos, estos impactos son temporales y pueden ser revertidos una vez la construcción cesa.

Un aspecto a tener en cuenta a la hora de realizar trabajos en los suelos es la realización de la cántara de captación, la cual puede provocar en algunos casos, la penetración de agua salina en los acuíferos cercanos.

### **1.3.3. Contaminación acústica.**

Este impacto es causado por dos fuentes distintas dependiendo de la fase en la que se encuentre la planta desaladora. La primera se genera durante la etapa de construcción debido al transporte de maquinaria y las actividades que se desarrollan (excavaciones, dragado, relleno, etc.). Una vez terminadas las obras, este impacto vendrá dado en la operación de la planta, en el funcionamiento de las bombas de alta presión sobre todo. De manera que podamos reducir este impacto, se pueden aislar los motores eléctricos de las bombas en cámaras o la instalación de naves insonorizadas.

### **1.3.4. Olores.**

En este tipo de instalaciones el impacto por olores es nulo, según la experiencia en otras instalaciones similares y conociendo las características físico-químicas del agua, podemos afirmar que solo en casos excepcionales que se produzca algún incidente, no se dará este impacto.



#### **1.3.5. Consumo de energía.**

Este tipo de impacto se produce de manera indirecta, ya que las plantas desaladoras por ósmosis inversa necesitan una cantidad considerable de energía eléctrica, lo que supone su abastecimiento por parte de una central eléctrica, las cuales tienen la problemática de la emisión de gases de efecto invernadero en su operación.

La principal medida frente a este problema, la cual se está extendiendo actualmente, es la implantación de una unidad de generación de electricidad mediante energías renovables, la cual se tuvo en consideración a la hora del estudio de la planta desaladora del presente proyecto, pero a día de hoy, estas instalaciones no son viables económicamente en plantas de tamaño medio como en nuestro caso.

Otra posible medida es la que se ha instalado en la planta, y es la instalación de un sistema de recuperación de energía, aprovechando la corriente de salmuera procedente de los bastidores de la ósmosis, la cual al salir a alta presión contiene energía aprovechable mediante técnicas de recuperación. Estas técnicas se recogen en el apartado 6.10.4. de esta memoria descriptiva, y la instalación que hemos implantado podemos observarla en el apartado 8.6.3., decantándonos por un sistema de recuperación mediante intercambiadores de presión, reduciendo el consumo considerablemente.

#### **1.3.6. Edificaciones.**

La construcción de edificios que albergan los elementos propios de desalación son naves industriales de escasa altura, se puede llevar a cabo la contratación de una consultoría y asistencia técnica para la supervisión y seguimiento en la aplicación de los criterios de integraciones arquitectónicas y ambientales. De modo que, no se produzca una modificación negativa de la percepción visual del paisaje, sino que quede fácilmente integrable en su entorno.

### **1.3.7. Emisiones.**

Las emisiones directas que se producirán serán durante la fase de obra de la planta desaladora, como resultado de operaciones de excavación o movimiento de tierras.

Una vez terminadas las obras, la planta en sí no producirá humos, ni nieblas, ni otro contaminante atmosférico, pero al necesitar bastante energía eléctrica, como hemos comentado anteriormente, se producen emisiones de forma indirecta procedentes de las centrales eléctricas que suministran dicha energía.

De manera que, la principal medida de mitigación será la reducción de energía, para ellos hemos optado por el que hasta ahora es la mejor opción para reducir el consumo de energía, la utilización de intercambiadores de presión.

### **1.3.8. Vertidos.**

Los vertidos que se producen en la planta son:

- Salmuera.
- Agua de lavado de filtros de arena.
- Vertido de limpieza química.
- Drenajes.
- Vertidos de zonas comunes (laboratorios, duchas, aseos, etc.).

El vertido que realmente afecta al medio ambiente o tiene mayor impacto es el rechazo o salmuera, ya que la mayoría de los descritos antes se producen de forma intermitente.

La preocupación por los potenciales efectos nocivos a los recursos marinos por estos vertidos se debe a los siguientes factores:

- El volumen total de salmuera descargada.
- Los componentes de la descarga de la salmuera.

- La capacidad de dilución que el medio posee.

La salinidad se expresa en el peso de sales por 1000, y en la mayoría de los mares varía entre 32-38 ppm, el incremento de la salinidad modifica la densidad del agua de mar, teniendo en cuenta también que hay muchos organismos muy sensibles a altas concentraciones salinas.

Además del aumento de la salinidad, debemos tener en cuenta los compuestos químicos que acompañan a la descarga de salmuera procedente del pretratamiento. Algunos de los componentes que se pueden encontrar en el vertido de rechazo se enumeran en la siguiente tabla junto con su origen e impacto.

Compuestos	Origen	Impacto
<b>Metales pesados</b>	Corrosión	Acumulación en el sistema, estrés a nivel molecular y celular
<b>Fosfatos</b>	Antiincrustante	Eutrofización
<b>Cloruros</b>	Antifouling	Formación de compuestos halogenados, cancerígenos y mutagénicos
<b>Ácido sulfúrico</b>	Ajuste de pH	Baja el pH del agua (en grandes cantidades)
<b>Sólidos</b>	Acciones de limpieza	Turbidez
<b>Salmuera</b>	Rechazo de ósmosis	Variable
<b>Temperatura</b>	Tratamientos	Variable

Tabla 2. 1. Posibles componentes presentes en el vertido de salmuera.

Estos compuestos aunque estén presentes en el vertido de rechazo, se encuentran en tan bajas concentraciones que podemos considerarlos como casi inexistentes, siempre y cuando se lleve un control por si se diese alguna variación debido a algún indicio.

El parámetro de salinidad solo se menciona como objetivo de calidad en una normativa estatal (el Real Decreto 345/1993 en el que en su anejo IV establece condiciones

imperativas de la variación de la salinidad provocada por un vertido en las aguas de cría de moluscos) y en una normativa autonómica en Andalucía (la Orden del 14 de Febrero de 1997), que establece como máxima variación admisible un 10% del valor medido en aguas no afectadas por el vertido.

La salmuera de rechazo de una desaladora no contiene residuos, como en el caso de residuos industriales. La salmuera contiene los mismos iones y componentes que se extrajeron del mar, el problema es que estos iones están concentrados en un volumen de aproximadamente el 50% del extraído del mar.

El efecto negativo de la salmuera lleva a que en las zonas colindantes al punto de vertido, determinadas especies que no soportan altas concentraciones de salinidad pueden llegar a desaparecer.

En nuestro caso, al encontrarnos en el mar Mediterráneo debemos hacer especial hincapié en las especies autóctonas que puedan verse perjudicadas, la más afectada debido a su gran extensión y su importancia ecológica, económica y pesquera, es la posidonia oceánica.

Es una planta que forma praderas submarinas con una notable importancia ecológica, protegiendo la línea de costa de la erosión, en su interior viven muchos organismos animales y vegetales, se la considera un buen bioindicador de la calidad de las aguas costeras.

Teniendo en cuenta el impacto tan negativo que puede tener el vertido de salmuera al mar, respecto a esta especie, hemos colocado el emisario submarino unos 700 metros hacia dentro de la costa, con el fin de sobrepasar las praderas de posidonia y realizar el vertido al mar abierto a modo de que se facilite la dispersión de la salmuera. Además, se llevara a cabo la instalación de difusores múltiples a lo largo de 50-100 metros al final de emisario y con una orientación de unos 45° en relación al fondo, de todos modos deberá realizarse un estudio exhaustivo de la correcta instalación para que funcionen correctamente.

En cuanto a los efectos sobre los humanos, no hay ningún efecto nocivo reconocido de la salmuera por contacto con el cuerpo humano, en realidad, se le atribuyen efectos beneficiosos.

Con respecto a los vertidos secundarios que abarcan los vertidos de limpieza química, el agua de lavado de filtros, drenajes y los vertidos procedentes de zonas comunes, aunque no tienen demasiada repercusión, deben ser tratados de manera efectiva para minimizar sus posibles daños. Para ello en nuestro caso se llevará a cabo la contratación de una empresa externa que se dedique al tratamiento de este tipo de residuos, pero lo ideal sería la instalación de una unidad donde estos vertidos sean tratados, lo cual deberá tenerse en cuenta y realizar un estudio de viabilidad una vez la planta esté en funcionamiento.

#### **1.4.    Ámbito social.**

##### **A.   Empleo.**

Aunque el número de puestos de trabajo que creará la planta desaladora del presente proyecto no será muy elevado, si es cierto que creará algunos puestos de trabajos de forma directa e indirecta con la contratación de empresas externas para diferentes necesidades.

##### **B.   Higiene pública.**

La planta proyectada no tiene ninguna repercusión nivel de higiene pública, de todos modos, la ubicación de la misma se encuentra relativamente lejos de la vida urbana.

# **ANEXO II: CONTROL DE LA PLANTA**

## **2. CONTROL DE LA PLANTA**

Para controlar el funcionamiento de la planta desaladora se miden una serie de factores físico-químicos de acuerdo con unos programas preestablecidos que abarcan todas las etapas de la desalación. Aunque el control de calidad del agua final es también una parte del proceso, facilita mucho la comprensión dividir los parámetros a medir en dos grupos:

- Parámetros de control del proceso. La medición de estos parámetros tiene por finalidad conocer el funcionamiento de las distintas etapas de la instalación. Las frecuencias que se indican son orientativas y dependerán de las instrucciones de cada fabricante o instalador y de la calidad del agua bruta o de captación.
- Parámetros de control de la calidad del agua producida. La medición de estos parámetros tiene por objeto conocer la calidad del agua final que se obtiene en la instalación. En este grupo se deberá tener en cuenta la vigente legislación sobre aguas de consumo humano (RD 140/2003), tanto en lo relativo a parámetros analíticos como a frecuencias.

Los controles analíticos se han dividido en tres grupos, de manera que sea mayor su comprensión:

- Controles automáticos medidos en continuo.
- Controles llevados a cabo in situ o sobre el terreno, por el propio personal de la planta.
- Controles llevados a cabo en el laboratorio.

## **2.1. Controles automáticos medidos en continuo.**

### **2.1.1. Instrumentación de la planta.**

A continuación se detalla la instrumentación e instalación de los controles automáticos de la planta desaladora.

- Nomenclatura de la instrumentación:
  - CT: transmisor de conductividad. Este instrumento transforma la señal de conductividad de un fluido en una señal eléctrica que oscila entre 4 y 20 mA.
  - CI: indicador de conductividad (conductímetro).
  - CLT: transmisor de cloro. Este instrumento transforma la señal de cloro en una señal eléctrica de varía entre 4 y 20 mA.
  - CLI: indicador de cloro (sonda de cloro).
  - TUT: transmisor de turbidez. Este instrumento transforma la señal de turbidez en una señal eléctrica que oscila en 4 y 20 mA.
  - TUI: indicador de turbidez (turbidímetro).
  - FT: transmisor de caudal. Este instrumento transforma la señal de caudal en una señal eléctrica que oscila entre 4 y 20 mA.
  - FI: indicador de caudal (caudalímetro).
  - FLS: sensor que actúa sobre un contacto normalmente cerrado y que se abre cuando el caudal detectado por este cae por debajo del valor de consigna dado al sensor.
  - LSL: sensor que actúa sobre el contacto normalmente cerrado y que se abre cuando el nivel de un deposito cae por debajo del valor de consigna determinado.
  - PT: transmisor de presión. Este instrumento transforma la señal de presión en una señal eléctrica que oscila entre 4 y 20 mA, de tal forma que cuando la presión sea la que se le ha asignado como mínima dará un valor de 4 mA y cuando la presión sea la que se ha asignado como máxima, dará un valor de 20 mA.



- PI: indicador de presión (manómetro).
- PSL: presostato de baja. Sensor que actúa sobre un contacto normalmente cerrado y que se abre cuando la presión detectada por éste cae por debajo del valor de consigna dado al sensor.
- PSH: presostato de alta. Sensor que actúa sobre un contacto normalmente cerrado y que se abre cuando la presión detectada por éste sobrepasa el valor de consigna dado al sensor.
- TT: transmisor de temperatura. Este instrumento transforma la señal de temperatura en una señal eléctrica que oscila entre 4 y 20 mA.
- TI: indicador de temperatura (termómetro).
- pHI: indicador de pH.
- pHT: transmisor de pH. Instrumento encargado de transformar de la señal de pH en una señal eléctrica entre 4 y 20 mA.
- PRI: indicador de potencial redox.
- PRT: transmisor de potencial redox. Instrumento que transforma la señal de potencial redox en una señal eléctrica entre 4 y 20 mA.

- Descripción de los equipos.

- Manómetros.

Son instrumentos de precisión y deben manejarse con cuidado. Se recomienda seleccionar para cada manómetro un rango estándar cuyo valor fondo escala sea aproximadamente el doble de la presión de trabajo, con lo que se logrará prolongar la duración del aparato y al mismo tiempo se facilitará la lectura de la indicación que se efectuará en el centro de la esfera.

Deberá comprobarse que los materiales de las partes en contacto con el fluido del proceso sean los adecuados para el tipo de fluido a medir en este tipo de plantas se utilizan distintos equipos para la medición de la presión del agua dulce y el agua salada.

○ Transmisores de presión.

Los transmisores usados en este tipo de plantas funcionan con la técnica de dos cables y tienen una señal de salida análoga de 4 a 20 mA. Estos transmisores contienen un microprocesador interno que permite realizar diversas funciones y da facilidad de operación.

El tipo de material del transmisor en contacto con el fluido a medir dependerá de la resistencia a la corrosión que precise.

○ Indicador y transmisor de caudal.

El tipo de equipos utilizados en estas plantas para la medición de caudal son aquellos empleados en fluidos conductivos y en tubería cerrada.

El principio de funcionamiento está basado en la medición de un caudal electromagnético según la ley de Faraday, es decir, generación de un voltaje inducido, medido por dos electrodos dentro del tubo de medida.

○ Transmisor e indicador de conductividad.

Los indicadores son equipos de diseño sencillo y mediciones precisas. Los materiales de que están hechos son de alta durabilidad y resistencia a la corrosión. No requiere calibración. Disponen de unos electrodos de titanio robustos disponibles con células constantes.

Los transmisores son equipos que están montados con dos hilos de campo de gran utilidad para instalaciones que precisen elaboración central de datos y control.

○ Transmisor e indicador de cloro.

Los indicadores de cloro se encargan de monitorear los niveles de cloro, de fácil diseño e instalación. Dependiendo del modelo, se utilizará un método u otro de medición.

Los transmisores funcionan de la misma manera que los descritos en los puntos anteriores.

- Transmisor e indicador de turbidez.

Los indicadores de turbidez permiten monitorear y controlar niveles bajos de sólidos suspendidos. Ofrecen un diseño compacto de fácil instalación y configuración. Los transmisores funcionan de la misma manera que hemos comentado en otros.

- Indicador y transmisor de pH.

Los indicadores de pH son sensores de fácil instalación. Poseen un diafragma de PTFE que repele la suciedad y previene las obstrucciones, asegurando una medición precisa durante un largo periodo de tiempo. Con un conducto o tubería pueden ser sumergidos en un tanque.

El transmisor de pH es similar a los de la conductividad, poseen un microprocesador que da valores de pH y temperatura.

- Transmisor e indicador de temperatura.

Estos equipos tienen misiones similares a las descritas en los apartados anteriores, con la diferencia de que suelen usar elementos termo-resistivos como el Pt-100.

Realmente el Pt-100 es un sensor de temperatura que consiste en un alambre de platino que a 0°C le corresponden 100 ohmios y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas se encuentra la temperatura exacta a la que corresponde.

- Sensores de nivel.

Se emplean para llevar a cabo el control del nivel de líquido en los depósitos de la instalación.

○ Presostatos.

Son elementos de protección de los equipos. Cuando se superan los valores de consigna dados a sus sensores provocan la apertura del contacto normalmente cerrado y paran el equipo al que están asociados.

Hay presostatos instalados en la admisión de todas las bombas para evitar la cavitación, que producen la parada de las mismas. Y presostatos de alta en la impulsión de la soplante del circuito de aire de lavado de los filtros de arena, así como en la alimentación a las membranas por si se supera la presión de trabajo máximo admisible de las mismas, para poder parar la bomba de alta presión.

También se instalan un presostato de alta y baja en la impulsión de las bombas de captación que producen la parada de las mismas si la presión del fluido no se encuentra dentro del rango de valores de consigna.

○ Válvulas de control.

La planta dispone de una válvula de control electrónica en la impulsión de cada uno de los grupos de alta presión, antes de la entrada del agua de alimentación a las membranas. Son las encargadas de regular en cada momento la presión de alimentación a las membranas, que variará con el tiempo en función del rendimiento de las mismas. Pertenecen por tanto, al bucle de control de presión de cada línea.

Son válvulas de tipo electrónico, provistas de actuador y tarjeta electrónica, que permiten ser manipuladas desde el centro de control mediante una señal digital.

### **2.1.2. Instalación en la planta.**

Para el control de las diferentes fases del tratamiento se han incluido los siguientes instrumentos de medición y control:

A. Válvulas.

Se ha dispuesto para el control y regulación del caudal circulante por las conducciones de la instalación el uso de tres tipos de válvulas.

Se colocaran válvulas de compuerta, para la regulación del flujo en tuberías de baja presión. Soportan muchos cierres y aperturas, cierre hermético, bajo coste y sencillez de operación. Las ubicaciones y tipos de válvulas serán:

- Válvulas de retención pasada cada bomba.
- Válvulas de mariposa antes de cada bomba y después de la válvula de retención, y en situaciones necesarias a lo largo de las tuberías de baja presión.
- Válvulas de globo a lo largo de las tuberías de alta presión.

B. Caudal.

Se realizaran mediciones de caudal en los siguientes puntos:

- Entrada de agua de mar al depósito inicial.
- Impulsión de la bomba de trasvase de agua de alimentación.
- Entrada de agua de mar a osmosis inversa.
- Agua salida de permeado de la osmosis.
- Salmuera de rechazo de los intercambiadores de presión.
- Impulsión de agua producto.

C. Presión.

Las mediciones de presión se situaran en:

- Presión diferencial entre alimentación y rechazo salino de la línea de osmosis inversa.
- Presión diferencial en filtros de malla y de cartuchos.
- Presión de alimentación bomba alta presión.

D. Temperatura.

- Agua bruta captada, a la entrada del depósito inicial.
- Alimentación a la línea de osmosis inversa.
- Salmuera de rechazo de los intercambiadores de presión.

E. Conductividad.

Mediante esta medición sabremos el TDS del agua, por tanto, se realizarán en:

- Agua de mar en la entrada al depósito de alimentación.
- Agua de mar a la entrada del tratamiento de ósmosis inversa.
- Agua de permeado en las líneas de osmosis inversa.
- Salmuera de rechazo de los intercambiadores de presión.

F. pH.

Es fundamental el conocimiento del pH en el agua bruta captada para su pretratamiento, en el agua de alimentación de las membranas en el agua producto que se vende.

- Impulsión de la bomba de captación con regulación de la dosificación automática de ácido sulfúrico.
- Agua de alimentación de los bastidores.
- Agua producto en las líneas de ósmosis inversa.
- Salmuera de rechazo de los intercambiadores de presión.

G. Niveles.

Para el control del llenado y consumo de los depósitos se establece:

- Medidor de nivel en la cántara de captación.
- Medidor de mínimo en depósitos de reactivos químicos.
- Medidor mínimo en depósito de lavado de membranas.

- Medidor de nivel en depósito de equilibrio osmótico.
- Medidor de mínimo en depósito inicial.
- Medidor de nivel en depósitos de agua producto.

La disposición y numero de cada uno de los instrumentos de medición y control de la planta se pueden observar en el documento nº2 “planos”, en los planos de instrumentación de la planta.

### **2.1.3. Sistema de control.**

La utilización de los distintos instrumentos descritos anteriormente, tiene como misión la autorización de la planta. La instalación de control permite:

- Recogida de información del funcionamiento de la planta en un tiempo real, de forma que se pueda realizar un análisis crítico y tomar medidas correctivas.
- Facilitar la operación de la planta por medio de la transmisión de órdenes que afectan al funcionamiento de las distintas partes de la instalación.

El sistema de control automatico constará de una unidad central de control y bloques de entrada y salida unidos por un bus de comunicación. De esta forma que, los distintos parámetros de control se analizan, y cualquier alteración sobre los valores operacionales programados pueden corregirse alterando las condiciones de funcionamiento de algún equipo sin tener que parar la instalación excepto en casos extremos.

La utilización de señales tanto análogas como digitales permite visualizar sobre una pantalla de ordenador, tanto los diferentes datos de funcionamiento, como la situación de operación de los distintos instrumentos o equipos. Además se dispone de un teclado para poder actuar sobre los mismos.

- Autómata programable.

Este concepto puede definirse como un equipo electrónico que realiza la ejecución de un programa de forma cíclica. La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas más prioritarias. El aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal.

La potencia de un autómata está directamente relacionada con la velocidad de ejecución del programa y las variables tratadas. El fin de dicha ejecución es provocar el cambio de las variables tratadas.

Este cambio sobre las variables se realiza antes, durante y al final del programa. Antes del programa se realiza una lectura de las entradas (inicio de ciclo), al final se realiza la escritura de las salidas (fin de ciclo y enlace con el inicio). Durante la ejecución del programa se realiza la lectura y escritura de las variables internas según el contexto programado.

El autómata es el encargado de gestionar todas las señales generadas en el sistema.

- Variadores de frecuencia.

Los variadores de frecuencia son dispositivos altamente empleados en la regulación de los procesos industriales. El termino variador de frecuencia o velocidad incluye una amplia variedad de motores controlados mecánica, neumática y electrónicamente, cuya velocidad se puede modificar. El variador consta de:

- El convertidor de entrada transforma corriente alterna en continua, necesaria para los transistores de potencia controlados electrónicamente.
- El enlace de continua es la fuente de potencia del inversor de salida. Los variadores de frecuencia de gran potencia tienen un gran banco de condensadores para almacenar carga eléctrica procedente de la entrada.
- El inversor de salida proporciona una tensión y una frecuencia variables en alterna. La tensión y la frecuencia se varían a la vez para obtener un



par constante con velocidad variable, o se varían en distinta proporción, para obtener un par variable a distintas velocidades.

- Los circuitos de control temporizan la conmutación de los circuitos de E/S y transportan comandos desde el panel de control del operador. También monitorizan la aparición de fallos de funcionamiento y la existencia de condiciones de funcionamiento incorrectas, informando al operador. Si es necesario, los circuitos de control paran el variador de frecuencia para proteger el motor o el inversor de salida.

#### **2.1.4. Bucles de control de la planta.**

Los bucles de control instalados en la planta, son:

- Bucle de control de presión de cada una de las líneas.

La presión de la planta se controla con la válvula electrónica situada en la impulsión de cada uno de los grupos de alta presión. Dicha válvula recibe las señales de salida del autómatas en función a las entradas proporcionadas por el manómetro situado en la entrada de los bastidores.

- Bucle de control del caudal de cada una de las líneas.

El caudal es controlado por un sistema jerárquico de señales de entrada. Existen dos medidores de flujo que gobiernan dicho control: el situado a la entrada de cada una de las líneas de alimentación a los filtros de arena, que manda la señal principal, y el medidor de flujo situado en la admisión de los grupos de alta presión, que manda la señal secundaria.

- Señal principal: el medidor de caudal proporciona la señal de entrada al autómatas (en función de la caída de presión en los filtros de arena, ya que ésta determinará el comienzo o no del ciclo de lavado de los filtros y el correspondiente aumento del caudal de captación), el cual manda la

salida adecuada a los variadores de frecuencia de las bombas de captación.

- Señal secundaria: la detección de variación del caudal a la entrada de los grupos de alta presión, puede ser debida al ensuciamiento de alguno de los filtros de arena o de cartucho, por lo que el autómata responderá enviando la señal correspondiente a los variadores de frecuencia de las bombas de captación.

- Bucle de control de la presión de la salmuera.

La salmuera que sale del bastidor de ósmosis para la unidad de recuperación, es decir hacia los intercambiadores de presión, va a alta presión. Este tipo de equipos, tienen unas especificaciones de caudal y presión más o menos fijas. El ensuciamiento gradual de las membranas a lo largo de la vida de la instalación provoca un aumento en el caudal de rechazo y por consiguiente, de la presión de dicho flujo.

A fin de regular la presión de admisión a los ERI, se sitúa un manómetro a la entrada de los mismos, de forma que si detecta presión superiores a la de trabajo del equipo, actúa sobre la válvula de bypass de los intercambiadores permitiendo el paso a drenaje de una parte del caudal hasta que la presión de admisión sea adecuada.

- Bucle de control de lavado químico.

El ensuciamiento de las membranas viene determinado por la variación de alguno de los siguientes parámetros;

- Flujo de permeado.
- Conductividad.
- Caída de presión a lo largo de los tubos de membranas.

Estos parámetros serán los que gobiernen la activación del circuito de lavado químico o desplazamiento de agua de los equipos actuando sobre la válvula que permite el paso al depósito de lavado químico.

La medida de los mismos serán las señales de entrada al autómatas:

- Manómetro diferencial entre entrada y salida de los bastidores (línea de agua de alimentación y producto) para detectar la caída de presión.
- Medidor de la conductividad a la entrada y salida de agua producto como medida de la salinidad en el permeado (medida del ensuciamiento de las membranas).
- Medidores de flujo a la entrada y salida del agua producto para medida de la variación del flujo de permeado.

- Bucle de control del post-tratamiento.

Aunque la dosificación continua de los reactivos en el post-tratamiento es fija, ante posibles variaciones en las características del agua de salida de los módulos se establece el control del postratamiento. Para esto, en el colector de agua producto se ubican medidores de potencial redox, pH, y conductividad, que serán las señales de entrada al autómatas en este bucle, y según los valores de consigna prefijados sobre éstos parámetros, se mandará señal de salida a los equipos de dosificación de reactivos (variadores de frecuencia de las bombas dosificadoras).

Posteriormente, en la salida del depósito de agua producto para la distribución, se instalará de nuevo medidores redox, pH, y conductividad, para realizar un ajuste fino del postratamiento.

- Bucle de control del pretratamiento químico.

Al igual que para el postratamiento, la dosificación de reductor y antiincrustante del pretratamiento químico con cantidades fijas, aunque igualmente, se considera su control para responder a posibles variaciones en la calidad del agua que circula por las distintas etapas de la instalación.

Los parámetros que gobernarán el control del pretratamiento, serán los valores medidos de pH, conductividad y redox a lo largo de las distintas etapas.

La señal de salida del autómatas actuará sobre los variadores de frecuencia de las bombas dosificadoras de dichos equipos.

- Bucle de control de nivel de depósitos.

El nivel de los distintos depósitos, tanto de preparación de reactivos como de agua producto vendrá controlado por sensores de nivel de baja, que proporcionan la señal de entrada al autómatas para que actúe sobre los sistemas de adición de reactivos y solución dando además, una señal de alarma local.

- Bucle de control de líquido en la cántara de captación.

El nivel de agua de mar en el depósito intermedio es controlado igualmente por un sensor de nivel de baja que proporciona la señal de entrada al autómatas y una alarma local. La salida del autómatas en este caso, es la parada de la instalación.

- Bucle de control para la parada de las bombas por baja presión en la aspiración.

Se dispone de distintos presostatos de baja presión en la admisión de todas las bombas de la instalación, así como en el recuperador de energía, que al detectar un nivel de presión por debajo del establecido provocan la parada de las bombas a las que están asociados.

- Bucle de control del lavado de los filtros de arena.

Para el control de los filtros de arena, se dispone de un manómetro de presión diferencial entre la línea de alimentación y la de salida de agua filtrada, que cuando sobrepasa el valor de la caída de presión en el filtro proporciona la señal de entrada al autómatas. La señal de salida del autómatas actúa sobre varios instrumentos:

- Actuación sobre los variadores de frecuencia de las bombas de captación para que proporcionen el caudal de lavado del filtro.
- Puesta en marcha de la soplante para la inyección del aire de lavado a contracorriente.

- Apertura de la válvula de retención de la línea de alimentación del agua de lavado a contracorriente (bypass entrada a los filtros).
  - Paro de la soplante y cierre de válvula de agua de lavado a contracorriente tras finalizar el tiempo de ciclo de lavado a contracorriente.
  - Apertura de la válvula de retención y la de mariposa de la línea de alimentación de agua corriente.
  - Apertura de las válvulas para drenaje tras el tiempo de ciclo de lavado a corriente.
- Bucle de control de sustitución de filtros de cartuchos.

La señal de entrada al autómata en este caso, vendrá dada por la medida de presión proporcionada por el manómetro de presión diferencial situado en cada filtro de cartucho. Al superar el valor preestablecido de caída de presión en el filtro, el autómata mandará la señal de salida de aislamiento de dicha línea para poder sustituir los elementos de cartucho correspondientes.

## **2.2. Controles in situ y en el laboratorio.**

A continuación se presentan los análisis, en principio, que forman parte de la rutina, según la calidad de agua bruta que recogerá nuestra planta desaladora, tanto el pretratamiento como el seguimiento analítico se instalarán con arreglo a esa información.

### 2.2.1. Agua de captación.

El punto de muestreo será la captación de agua y/o la impulsión de las bombas de agua bruta antes de la entrada a la planta.

- Control in situ.

Parámetro	Método	Frecuencia de control
<b>Conductividad</b>	Conductivímetro portátil	1 vez/día
<b>pH</b>	pH-metro portátil	1 vez/día
<b>Temperatura</b>	Sonda de temperatura asociada a pH-metro portátil	1 vez/día
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro portátil	1 vez/día
<b>SDI</b>	Equipo de SDI	1 vez/día mínimo

Tabla 2. 2. Controles in situ en la captación (bibliografía [6]).

- Control en el laboratorio.

Parámetro	Método	Frecuencia de control
<b>Conductividad</b>	Conductivímetro certificado de laboratorio	En continuo + 1 comprobación al mes
<b>pH</b>	pH-metro certificado de laboratorio	En continuo + 1 comprobación al mes
<b>Temperatura</b>	Sonda de temperatura asociada a pH-metro de laboratorio	En continuo + 1 comprobación al mes
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro certificado de laboratorio	1 vez/día
<b>Amonio</b>	Determinación analítica	1 vez/mes
<b>Boro</b>	Determinación analítica	1 vez/mes
<b>Fosfatos/ ortofosfatos</b>	Determinación analítica	1 vez/mes

Oxidabilidad	Determinación analítica	En función del tipo de pretratamiento
Bacterias coliformes	Muestreo	1 vez/mes o cuando se cambie el origen del agua
Recuento de colonias aerobias a 22°C	Muestreo	1 vez/mes o cuando se cambie el origen del agua
Aniones y cationes mayoritarios, minoritarios y traza en función del análisis inicial	Determinación analítica	Cambios significativos de conductividad, cambios operacionales, cambios de pretratamiento y 1 vez/año
Sílice	Determinación analítica	En función de la problemática local.

Tabla 2. 3. Controles en el laboratorio en la captación (bibliografía [6]).

### 2.2.2. Agua pretratada.

El punto de muestreo será a lo largo del circuito de los pretratamientos y de la entrada a las bombas de alta presión.

- Control in situ.

Parámetro	Método	Frecuencia de control
Cloro libre	Determinación analítica por colorimetría	1 vez/día
pH	pH-metro portátil	1 vez/día
Temperatura	Sonda de temperatura asociada a pH-metro portátil	1 vez/día
Turbidez	Turbidímetro portátil	1 vez/día

<b>Potencial redox</b>	Sonda de ORP	Lectura continua
<b>Conductividad</b>	Conductivímetro portátil	1 vez/semana
<b>Antiincrustante</b>	Por dosificación	1 vez/día
<b>SDI</b>	Equipo de SDI	1 vez/día mínimo

Tabla 2. 4. Controles in situ en el pretratamiento (bibliografía [6]).

- Control en el laboratorio.

Parámetro	Método	Frecuencia de control
<b>Conductividad</b>	Conductivímetro certificado de laboratorio	1 vez/semana
<b>pH</b>	pH-metro certificado de laboratorio	1 vez/semana
<b>Temperatura</b>	Sonda de temperatura asociada a pH-metro de laboratorio	1 vez/semana
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro certificado de laboratorio	1 vez/día
<b>Aluminio</b>	Determinación analítica	1 vez/semana
<b>Cloro libre</b>	Determinación analítica	1 vez/día
<b>Aluminio</b>	Determinación analítica	1 vez/semana
<b>Bacterias coliformes</b>	Muestreo	1 vez/semana
<b>Hierro</b>	Determinación analítica	1 vez/semana
<b>Metabisulfito sódico</b>	Determinación analítica	1 vez/semana
<b>Recuento de colonias a 22°C</b>	Muestreo	1 vez/semana
<b>Potencial redox</b>	Redoxímetro certificado de laboratorio	1 vez/mes

Tabla 2. 5. Controles en el laboratorio en el pretratamiento (bibliografía [6]).



### 2.2.3. Control de bastidores de membranas.

- Control in situ.

Parámetro	Método	Frecuencia de control
<b>Conductividad agua de alimentación a membranas</b>	Conductivímetro portátil	2 veces por semana y bastidor
<b>Conductividad agua osmotizada a salida de bastidor</b>	Conductivímetro portátil	2 veces por semana y bastidor
<b>Conductividad agua de salida de rechazo de bastidor</b>	Conductivímetro portátil	2 veces por semana y bastidor

Tabla 2. 6. Controles in situ en el bastidor de membranas (bibliografía [6]).

### 2.2.4. Control de lavado químico en bastidores.

Se indican a continuación los controles que deben realizarse en el agua de lavado, en cada una de las diferentes fases del procedimiento. Resulta fundamental el control sobre la preparación de las soluciones del reactivo de lavado, de tal modo de que se aseguren las concentraciones finales conformes con la especificación correspondiente.

- Control in situ o en el laboratorio.

Fase de lavado	Parámetro	Método	Frecuencia de control
<b>Preparación de la solución de lavado, tras la dilución del reactivo</b>	Conductividad	Conductivímetro portátil	1 vez/fase de lavado
	pH	pH-metro portátil	1 vez/fase de lavado

<b>En fase de lavado y contacto con las membranas</b>	Temperatura	Sonda de temperatura asociada a pH-metro portátil	1 vez/fase de lavado
	Conductividad	Conductivímetro portátil	1 vez/cada hora
	pH	pH-metro portátil	1 vez/cada hora
	Temperatura	Sonda de temperatura asociada a pH-metro portátil	1 vez/cada hora
<b>Durante y/o al finalizar el lavado</b>	Turbidez	Determinación analítica de laboratorio	1 o 2 muestras
	Hierro	Determinación analítica de laboratorio	1 o 2 muestras
	Calcio	Determinación analítica de laboratorio	1 o 2 muestras
	Materia orgánica (oxidabilidad)	Determinación analítica de laboratorio	1 o 2 muestras
<b>Desplazamiento y lavado con agua osmotizada o con agua pretratada</b>	Conductividad	Conductivímetro portátil	Hasta conseguir valor similar al agua osmotizada o pretratada
	pH	pH-metro portátil	Hasta conseguir valor similar al agua osmotizada o pretratada
<b>En fase de preservación de membranas tras lavado químico</b>	Dependencia del reactivo empleado	Depende del reactivo empleado	1 muestra

Tabla 2. 7. Controles in situ y en el laboratorio del lavado químico (bibliografía [6]).

### 2.2.5. Controles antes del post-tratamiento.

- Control in situ.

Parámetro	Método	Frecuencia de control
<b>pH</b>	pH-metro portátil	1 vez/turno
<b>Temperatura</b>	Sonda de temperatura asociada a pH-metro portátil	1 vez/turno
<b>Conductividad</b>	Conductivímetro portátil	1 vez/turno

Tabla 2. 8. Controles in situ antes del post-tratamiento (bibliografía [6]).

- Control en el laboratorio.

Parámetro	Método	Frecuencia de control
<b>Conductividad</b>	Conductivímetro certificado de laboratorio	1 vez/día
<b>pH</b>	pH-metro certificado de laboratorio	1 vez/día
<b>Temperatura</b>	Sonda de temperatura asociada a pH-metro de laboratorio	1 vez/día
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro certificado de laboratorio	1 vez/día
<b>Alcalinidad</b>	Valoración analítica	1 vez/día
<b>Boro</b>	Determinación analítica	1 vez/mes
<b>Recuento de colonias aerobias a 22°C</b>	Determinación analítica	1 vez/mes
<b>Bacterias coliformes</b>	Determinación analítica	1 vez/mes

Tabla 2. 9. Controles en el laboratorio antes del post-tratamiento (bibliografía [6]).

### 2.2.6. Controles después del post-tratamiento.

Se entiende pos postratamiento la adición química de reactivos para la remineralización, neutralización y/o corrección del pH y la desinfección final, con el objetivo del cumplimiento de la normativa vigente en calidad de agua de consumo humano.

- Control in situ.

Parámetro	Método	Frecuencia de control
<b>Cloro libre</b>	Equipos de medición de cloro por colorimetría	1 vez/turno
<b>pH</b>	pH-metro portátil	1 vez/turno
<b>Temperatura</b>	Sonda de temperatura asociada a pH-metro portátil	1 vez/turno
<b>Conductividad</b>	Conductivímetro portátil	1 vez/turno

Tabla 2. 10. Controles in situ después del post-tratamiento (bibliografía [6]).

- Control en el laboratorio.

Parámetro	Método	Frecuencia de control
<b>Conductividad</b>	Conductivímetro certificado de laboratorio	1 vez/día
<b>pH</b>	pH-metro certificado de laboratorio	1 vez/día
<b>Temperatura</b>	Sonda de temperatura asociada a pH-metro de laboratorio	1 vez/día
<b>Turbidez</b>	Turbidímetro certificado de laboratorio	1 vez/día
<b>Calcio</b>	Valoración analítica	1 vez/día

<b>Alcalinidad</b>	Valoración analítica	1 vez/día
<b>Boro</b>	Determinación analítica	1 vez/mes
<b>Recuento de colonias aerobias a 22°C</b>	Determinación analítica	1 vez/mes
<b>Bacterias coliformes</b>	Determinación analítica	1 vez/día
<b>Cloro libre</b>	Analizador de cloro, método normalizado	1 vez/día
<b>Determinación del índice de Langelier</b>	Estimación	1 vez/día

Tabla 2. 11. Controles en el laboratorio después del post-tratamiento (bibliografía [6]).

# **ANEXO III: SEGURIDAD EN LA PLANTA**

### **3. SEGURIDAD EN LA PLANTA**

El diseño de la planta debe tener en cuenta la normativa de obligado cumplimiento (Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales).

Se han seguido para la realización del presente proyecto los principios de acción preventiva que describen en el artículo 15 de la ley de Prevención de Riesgos Laborales. Los principios de la acción preventiva son los siguientes:

- Evitar los riesgos.
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- Combatir los riesgos en su origen.
- Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales de trabajo.
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.

#### **3.1. Identificación de los riesgos laborales.**

Dependiendo del puesto de trabajo los riesgos laborales influirán en mayor o menor medida, ya que este proyecto no abarca el estudio de la evaluación de riesgos laborales de forma extensa, vamos a realizar una evaluación de forma general de manera que queden expresados los distintos riesgos que influyen en nuestra planta.

TIPOS DE RIESGOS	RIESGOS IDENTIFICADO	RIESGO NO IDENTIFICADO
Caída de personas a distinto nivel	X	
Caída de personas al mismo nivel	X	
Caída de personas por desplome o derrumbamiento		X
Caída de objetos en manipulación		X
Caída de objetos desprendidos		X
Pisadas sobre objetos		X
Choques contra objetos móviles		X
Choques contra objetos inmóviles		X
Golpes y cortes por objeto o herramienta		X
Proyección de fragmentos o partículas		X
Atrapamiento por y entre objetos		X
Carga física		X
Exposición a temperaturas ambientales extremas		X
Contactos térmicos		X
Contactos eléctricos directos e indirectos	X	
Exposición a la radiación		X
Explosiones	X	



<b>Incendios</b>	<b>X</b>	
<b>Accidentes causados por seres vivos</b>		<b>X</b>
<b>Atropellos o golpes contra vehículos</b>	<b>X</b>	
<b>Exposición a agentes físicos, como ruidos, vibraciones...</b>	<b>X</b>	
<b>Exposición a sustancias nocivas o tóxicas</b>		<b>X</b>
<b>Contacto con sustancias cáusticas y/o corrosivas</b>		<b>X</b>
<b>Exposición a contaminantes químicos</b>		<b>X</b>
<b>Exposición a contaminantes biológicos</b>		<b>X</b>
<b>Peligro asociado con el montaje de equipos y máquinas</b>		<b>X</b>
<b>Peligro de los vehículos</b>	<b>X</b>	
<b>Barandillas inadecuadas en escaleras o ausencia de ellas</b>		<b>X</b>

Tabla 2. 12. Identificación de riesgos en la planta desaladora.

Estimación de los riesgos encontrados:

RIESGOS	PROBABILIDAD			CONSECUENCIAS			ESTIMACIÓN DEL RIESGO					
	PM	PP	CS	L	I	S	0	1	2	3	4	5
CAIDA		X		X					X			
EXPLOSIÓN	X					X		X				
INCENDIO		X			X				X			
ATROPELLO O GOLPES	X				X			X				
RUIDO			X		X						X	
PELIGRO VEHICULOS	X				X			X				
CONTACTOS ELÉCTRICOS		X			X				X			

Tabla 2. 13. Estimación de los riesgos encontrados.

### 3.2. Medidas contra los riesgos laborales.

De manera general, algunas medidas preventivas son:

- Entrenamiento e instrucciones a los trabajadores en las técnicas y principios de un trabajo seguro.
- Distribución de ropa de trabajo adecuada, junto con las correspondientes EPI's.
- Optimización de las condiciones de trabajo, enfocado a áreas de trabajo climatizadas y lugares para descanso.
- Rotación de trabajo y mejora de la gestión de la organización.
- Suelos ásperos para evitar resbalones y protecciones de seguridad de las máquinas.
- Se utilizarán instalaciones fijas como duchas y lavaojos de emergencia para evitar en la medida de lo posible los efectos causados por el contacto de algún operario

con los reactivos a los que está expuesto. Estos equipos estarán debidamente señalizados y se colocarán en dirección a la salida.

- Reducción de los niveles de ruido y usos de protectores.
- Reducción de los tiempos de exposición de los trabajadores.
- Señalización adecuada de:
  - o Medios de extinción de incendios.
  - o Salidas, duchas y lavaojos de emergencia.
  - o Riesgos latentes.
  - o Depósitos tanto de productos químicos, como de almacenamiento de agua de alimentación y agua producto.

### **3.3. Sistema general contraincendios.**

En este punto se describe el sistema general contraincendios de la planta. Cualquier equipo instalado para la lucha contraincendios cumplirá con el “Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios”, incluidos en el Real Decreto 1942/1993, de 5 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

La instalación de estos equipos se llevará a cabo por instaladores debidamente autorizados.

- Sistemas automáticos de detección de incendios.

Los sistemas de detección, sus características y especificaciones se ajustarán a la nota técnica de prevención NTP 40/1983, donde se establecen el número de detectores y la distribución que deberán tener, y donde aparece la normativa vigente de aplicación en el caso de estos sistemas de detección de incendios.

- Sistemas manuales de alarmas de incendios.

Los sistemas manuales de alarmas de incendios estarán constituidos por un conjunto de pulsadores que permitirán provocar voluntariamente y transmitir una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada. Siempre teniendo en cuenta la normativa vigente.

Los pulsadores de alarma se situarán de manera que la distancia máxima a recorrer, desde cualquier punto hasta alcanzar el pulsador, no supere los 25 metros, y además debe estar perfectamente cercanos a una salida, o en dirección a la misma.

- Extintores.

Los extintores de incendios, sus características y especificaciones se ajustarán al “Reglamento de Aparatos a Presión” y a la nota técnica de prevención NTP: 536 “Extintores de incendio portátiles: utilización”

La localización de los extintores permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a las salidas de evacuación y preferentemente sobre soportes fijados a parámetros verticales, de manera que la parte superior del extintor quede como máximo a 1,70 metros del suelo. Se ubicará un extintor de polvo químico en cada lugar donde se instale un pulsador de alarma.

Todos los extintores se someterán a las revisiones de conservación que se establecen en la normativa vigente, donde se determina el tiempo máximo que debe transcurrir entre dos revisiones o inspecciones consecutivas.

- Bocas de Incendios Equipados (BIE).

La instalación de estos equipos se realizará por instaladores debidamente autorizados. Las BIE deberán montarse sobre un soporte rígido, de forma que la altura de su centro quede como máximo a 1,50 metros sobre el nivel del suelo.

Las BIE se situarán, siempre que sea posible, a una distancia máxima de 5 metros de las salidas de cada sector de incendio, sin que constituyan obstáculo para su utilización.

La separación máxima entre cada BIE será de 50 metros. La distancia desde cualquier punto del local protegido hasta la BIE más próxima no deberá exceder de 25 metros. Se deberá mantener alrededor de cada BIE una zona libre de obstáculos que permita el acceso a ella y su maniobra sin dificultad.

Para la revisión de los equipos integrados en el sistema de de detección y extinción contra incendios se tendrá en cuenta la nota técnica de prevención NTP680: “Extinción de incendios: plan de revisión de equipos”, de manera que sirva de forma orientativa para estos dispositivos.

### 3.4. Seguridad frente a los reactivos.

#### A. Manejo del antiincrustante Genesys SW.

Este antiincrustante recibe el nombre comercial de “Genesys SW”, y se trata de una solución acuosa de un polímero aniónico acrílico neutralizado.

En la siguiente tabla se muestran los síntomas, medidos de prevención y primeros auxilios ante una posible exposición a este reactivo.

EXPOSICIÓN	SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>INHALACIÓN</b>	Irritación del sistema respiratorio o mucosas	Ninguno establecido	Aire limpio, reposo posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y asistencia médica
<b>PIEL</b>	Irritación	Vestir mono de	Quitar inmediatamente la

		trabajo o delantal. Utilización de guantes de neopreno o goma.	ropa contaminada. Limpiar con papel absorbente o toallas de tela. Lavar con agua y jabón. No usar disolventes orgánicos.
<b>OJOS</b>	Irritación	Utilizar gafas de seguridad	Lavar inmediatamente con agua durante al menos 15 minutos. Llamar a un especialista si persiste la irritación.
<b>INGESTIÓN</b>	Nocivo	No comer, no beber, ni fumar durante el trabajo	Beber inmediatamente mucho agua. En el caso de vómito espontáneo asegurarse de que sale libremente debido al peligro de asfixia. Dar agua repetidamente. No dar nada a ingerir si el paciente está inconsciente. Solicitar atención médica.

Tabla 2. 14. Manejo del antiincrustante (ficha de seguridad).

#### B. Manejo del opticlean.

Opticlean es la solución que vamos a utilizar para la limpieza de las membranas de la ósmosis inversa, en la siguiente tabla se muestran los síntomas, medidas de prevención y primeros auxilios ante una posible exposición a este reactivo.

EXPOSICIÓN	SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>INHALACIÓN</b>	Irritación del sistema respiratorio o mucosas	Ninguno establecido	Aire limpio, reposo posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y asistencia médica
<b>PIEL</b>	Irritación	Vestir mono de trabajo o delantal. Utilización de guantes de neopreno o goma.	Quitar inmediatamente la ropa contaminada. Limpiar con papel absorbente o toallas de tela. Lavar con agua y jabón. No usar disolventes orgánicos.
<b>OJOS</b>	Irritación	Utilizar gafas de seguridad	Lavar inmediatamente con agua durante al menos 15 minutos. Llamar a un especialista si persiste la irritación.
<b>INGESTIÓN</b>	Nocivo	No comer, no beber, ni fumar durante el trabajo	Beber inmediatamente mucha agua. En el caso de vómito espontáneo asegurarse de que sale libremente debido al peligro de asfixia. Dar agua repetidamente. No dar nada a ingerir si el paciente está inconsciente. Solicitar atención médica.

Tabla 2. 15. Manejo Opticlean (ficha de seguridad).

C. Manejo de bisulfito sódico.

Este producto químico actúa como reductor de la actividad de los agentes oxidantes de forma que se garantice la ausencia total de cloro libre, además, tiene poder alguicida, regula el crecimiento biológico, y actúa contra las incrustaciones.

En la siguiente tabla se muestran los síntomas, medidas de prevención y primeros auxilios ante una posible exposición a este reactivo.

EXPOSICIÓN	SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>INHALACIÓN</b>	Irritación del sistema respiratorio o mucosas. La exposición prolongada puede provocar náuseas y vómitos	Usar mascarilla respiratoria adecuada	Trasladar al afectado a un lugar ventilado, si la exposición ha sido prolongada avisar a un médico
<b>PIEL</b>	El contacto prolongado irrita la piel	Usar guantes de neopreno, butilo, PVC o caucho natural. Si existe riesgo de proyecciones muy grandes usar buzo o traje antiácido	Quitar inmediatamente la ropa contaminada. Lavar las zonas afectadas con abundante agua.
<b>OJOS</b>	Puede provocar conjuntivitis y quemaduras	Utilizar gafas de seguridad	Lavar inmediatamente con agua durante al menos 15 minutos, forzando los párpados a permanecer abiertos.



	Causa irritación de estómago.		Beber inmediatamente mucho agua. Provocar el vomito si es necesario. Solicitar atención médica.
<b>INGESTIÓN</b>	En cantidades importantes causa cólicos violentos, diarrea y depresión	No comer, no beber, ni fumar durante el trabajo	

Tabla 2. 16. Manejo del bisulfito sódico (ficha de seguridad).

#### D. Manejo del hipoclorito sódico.

El hipoclorito sódico es una solución clara entre verde y amarillo, de olor característico.

Este producto se descompone al calentarlo intensamente, en contacto con ácidos y bajo la influencia de luz, produciendo gases tóxicos y corrosivos. Es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, originando peligro de incendio y explosión. La disolución en agua es una base fuerte, que reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva.

En la siguiente tabla se muestran los síntomas, medidas de prevención y primeros auxilios ante una posible exposición a este reactivo.

EXPOSICIÓN	SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>INHALACIÓN</b>	Puede provocar irritación, tos y edema pulmonar	En caso de liberación de cloro utilizar mascarilla protectora adecuada	Trasladar al afectado a un lugar ventilado y taparlo con una manta. Si fuese necesario, hacer respiración artificial. Avisar a un médico.
<b>PIEL</b>	Provoca	Usar guantes de	Quitar inmediatamente

	quemaduras	neopreno, butilo, PVC o productos plásticos en general. En caso de peligro de proyecciones utilizar buzo o traje antiácido	la ropa contaminada bajo la ducha y lavar las zonas afectas con agua abundante. Si es necesario avisar a un medico.
<b>OJOS</b>	Provoca quemaduras	Utilizar gafas de seguridad y en caso de peligro de proyecciones pantalla facial	Lavar inmediatamente con agua durante al menos 15 minutos, forzando los parpados a permanecer abiertos. Avisar a un medico.
<b>INGESTIÓN</b>	Provoca quemaduras en la boca y vómitos. Puede producir perforación del estomago	No comer, no beber, ni fumar durante el trabajo	Lavar la boca con abundante agua y dar a beber gran cantidad de la misma o leche. No provocar el vomito. Avisar a un medico.

Tabla 2. 17. Manejo del hipoclorito sódico (ficha de seguridad).

E. Manejo del hidróxido cálcico.

Este reactivo es un producto solido blanco, inodoro, sensible a la humedad, provocando una dilución exotérmica con el agua.

En la siguiente tabla se muestran los síntomas, medidas de prevención y primeros auxilios a una posible exposición a este reactivo.

EXPOSICIÓN	SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>INHALACIÓN</b>	Irritación	En presencia de polvo utilizar mascarilla protectora adecuada	Aire limpio, reposo posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y asistencia médica
<b>PIEL</b>	Irritación	Vestir mono de trabajo o delantal. Utilización de guantes de neopreno o goma.	Quitar inmediatamente la ropa contaminada. Lavar la zona afectada con abundante agua.
<b>OJOS</b>	Irritación y puede causar conjuntivitis	Utilizar gafas de seguridad y en caso de peligro de proyección pantalla facial	Lavar inmediatamente con agua manteniendo los párpados abiertos. Llamar a un medico.
<b>INGESTIÓN</b>	Irritación de boca y tracto intestinal. Puede provocar diarrea, nauseas y vómitos	No comer, no beber, ni fumar durante el trabajo	Lavar la boca con abundante agua y dar a beber gran cantidad de la misma o leche. No provocar el vomito. Avisar a un medico.

Tabla 2. 18. Manejo hidróxido cálcico (ficha de seguridad).

F. Manejo del ácido sulfúrico.

El ácido sulfúrico es un líquido aceitoso, incoloro de olor ligeramente picante, corrosivo, incompatible con metales, tejido de plantas y de animales.

En la siguiente tabla se muestran los síntomas, medidas de prevención y primeros auxilios a una posible exposición a este reactivo.

EXPOSICIÓN	SINTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>INHALACIÓN</b>	Irritación del sistema respiratorio o mucosas. Puede causar edema pulmonar.	Usar mascarilla protectora adecuada.	Aire limpio, reposo posición de semiincorporado, respiración artificial si estuviera indicada y asistencia médica
<b>PIEL</b>	Puede provocar dolor y quemaduras severas	Usar guantes de neopreno, butilo, PVC o productos plásticos en general. En caso de peligro de proyecciones utilizar buzo o traje antiácido	Lavar la zona afectada con abundante agua durante 15 minutos, quitar la ropa bajo la ducha y si es necesario avisar a un medico
<b>OJOS</b>	Puede causar visión borrosa, dolor y severas quemaduras. Puede causar ceguera	Utilizar gafas de seguridad y en caso de peligro de proyección pantalla facial	Lavar inmediatamente con agua los ojos durante por lo menos 15 minutos. Llamar a un medico.
<b>INGESTIÓN</b>	Puede producir quemaduras severas en el sistema digestivo, vómitos, diarrea e incluso la muerte	No comer, no beber, ni fumar durante el trabajo	Dar de beber grandes cantidades de agua. No dar nada a ingerir si el paciente esta inconsciente. Solicitar atención medica.

Tabla 2. 19. Manejo del ácido sulfúrico (ficha de seguridad).

En el anexo V “fichas de seguridad” se pueden contemplar las fichas de seguridad completas de estos reactivos.

En cuanto a los riesgos relacionados con la manipulación y almacenamiento de reactivos, los depósitos que contienen los productos químicos necesarios en el pretratamiento y en el postratamiento de la planta, se instalarán dentro de cubetos de retención con capacidad suficiente para contener todo el volumen de los mismos en caso de rotura, como medida preventiva.


# **ANEXO IV:**


## **DATOS**

### **TÉCNICOS DE**

### **LOS EQUIPOS**

**A. Membrana de ósmosis inversa.**





[info@lennotech.com](mailto:info@lennotech.com)  
[www.lennotech.com](http://www.lennotech.com)  
 Tel. +31-15-261.09.00  
 Fax. +31-15-261.62.89

Sea Water RO Elements					
TM800C					
Type	Diameter Inch	Membrane Area ft <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Salt Rejection %	Product Flow Rate gpd(m <sup>3</sup> / d)	Feed Spacer Thickness mil
TM820C-370	8"	370(34)	99.75	6,000(22.7)	34/31
TM820C-400	8"	400(37)	99.75	6,500(24.6)	34/28

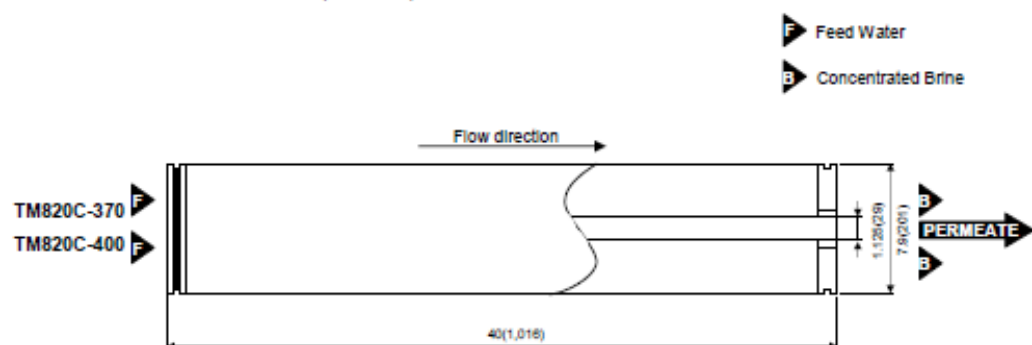
  

1. Membrane Type	Cross Linked Fully Aromatic Polyamide Composite	
2. Test Conditions	Feed Water Pressure Feed Water Temperature Feed Water Concentration Recovery Rate Feed Water pH	800 psi(5.52MPa) 77° F(25°C) 32,000 mg/l NaCl 8% 8
3. Minimum Salt Rejection	99.5%	
4. Minimum Product Flow Rate	4,800gpd(18.2m <sup>3</sup> /d)(TM820C-370) 5,200gpd(19.7m <sup>3</sup> /d)(TM820C-400)	
5. Boron Rejection (typical value)	93% at pH 8 (5mg/l Boron added to Feed water)	

<b>Dimensions</b>
-------------------

All dimensions shown in Inches (millimeter).



#### Operating Limits

Maximum Operating Pressure	1200psi (8.3 MPa)
Maximum Feed Water Temperature	113° F (45°C)
Maximum Feed Water SDI <sub>15</sub>	5
Feed Water Chlorine Concentration	Not detectable
Feed Water pH Range, Continuous Operation	2-11
Feed Water pH Range, Chemical Cleaning	1-12
Maximum Pressure Drop per Element	20psi (0.14 MPa)
Maximum Pressure Drop per Vessel	60psi (0.4 MPa)

#### Operating Information

1. For the recommended design range, please consult the latest Toray technical bulletin, design guidelines, computer design program, and/ or call an application specialist. If the operating limits given in this Product Information Bulletin are not strictly followed, the Limited Warranty will be null and void.
2. All elements are wet tested, treated with tested feed water solution, and then vacuum packed in oxygen barrier bags with deoxidant inside. To prevent biological growth during system shutdown, it is recommended to perform 30-60 minutes flushing of Toray elements with seawater once in every two days.
3. The presence of free chlorine and other oxidizing agents under certain conditions, such as heavy metals which acts as oxidation catalyst in the feed water will cause unexpected oxidation of the membrane. It is strongly recommended to remove these oxidizing agents contained in feed water before operating RO system.
4. Permeate from the first hour of operation shall be discarded.
5. The customer is fully responsible for the effects of chemicals that are incompatible with the elements. Their use will void the element Limited Warranty.

#### Notice

1. Toray accepts no responsibility for results obtained by the application of this information or the safety or suitability of Toray's products, either alone or in combination with other products. Users are advised to make their own tests to determine the safety and suitability of each product combination for their own purposes.

**LENNTECH**

info@lenntech.com

www.lenntech.com

Tel. +31-15-261.09.00

Fax. +31-15-261.62.89

Dec. 2012





### C. Intercambiadores de presión.

## PX-260

### PX Pressure Exchanger® Energy Recovery Device



The PX-260 is ERI®'s next generation energy recovery device that's enhanced to provide higher flows, efficiencies and overall performance. The PX-260 device handles brine flow rates of 50–59 m³/hr (220 to 260 gpm), corresponding to permeate flow rates of 41 to 48 m³/day (181 to 211 gpm) when operating at 45% recovery. Similar to all other ERI PX® units, PX-260 devices may be manifolded together to achieve capacity ranges in multiples of single device capacity.

#### PREMIUM QUALITY AND ADVANCED TECHNOLOGY OVER ANY OTHER ERD

Based on a rotary positive displacement pump principle, the PX Pressure Exchanger (PX®) technology greatly reduces water production costs by up to 60%. Industry experts have designed and tested PX Pressure Exchanger devices in seawater and brine environments. The PX-260 units are encased in industry standard 8" diameter housings proven to provide extended field service life in SWRO applications.

Since its introduction in 1997, PX technology has emerged as the industry standard solution for SWRO desalination. PX devices installed for several years have proven the endurance of the ceramic construction by requiring no routine maintenance when operated for tens of thousands of hours in tough seawater environments. With over 120 combined years of industry experience, ERI has assembled a technical services and sup-

port team with exceptional knowledge of RO systems. Our team members have consulted with numerous SWRO operators, aiding in design review, on-site training and support.

#### HIGH CONSTANT EFFICIENCY

The ERI PX device achieves real energy transfer efficiencies up to 98%, making it the most efficient ERD technology available today. The positive displacement mechanism employed by the PX device provides constant ultra high efficiencies over a broad range of flows and pressures. ERI guarantees PX device efficiency to be greater than 95% for most SWRO applications regardless of salinity, temperature or recovery rate variations. This characteristic *differs* from centrifugal devices whose performance declines as flows and pressures shift away from device best efficiency points. High and constant efficiency are significant operating cost advantages over other energy recovery devices on the market.

#### CERAMIC COMPONENTS

At the core of the PX device is a cartridge made of tough, engineered corundum (aluminum oxide). This ceramic material is unaffected by chemicals and will not corrode. Its properties are similar to that of sapphire and its hardness exceeds that of many stainless steels by a factor of three. In fact, most PX units taken apart for inspection after years of service exhibit no evidence of wear or deterioration whatsoever.

#### FAIL-SAFE ARRAYS

By operating multiple PX units in parallel, there is no limitation to the SWRO train size with PX technology. 65-Series PX technology has been specified for SWRO plants with permeate production capacities up to 240,000 m³/day (63 MGD) and is well suited for even larger plants. Up to 40 PX rotors have been successfully arrayed in a single train and 10 to 16 rotors in parallel are common. In the unlikely event that one or more rotors in an array stop turning, flow safely passes through the stuck rotor allowing a plant operator to wait for a convenient time to service the unit. PX devices in an array can be easily and quickly removed or added, providing flexible capacity.

#### QUALITY DESIGN & CONSTRUCTION

Due to harsh conditions and continuous service requirements in SWRO plants, material specification, fabrication and assembly are



Perth SWRO Plant - Water Corporation - Kwinana, WA, Australia | Capacity: 144,000 m³/day



Yutuan SWRO Plant – Yutuan, China  
Capacity: 36,000 m<sup>3</sup>/day



Inima – Los Cabos, Mexico  
Capacity: 21,000 m<sup>3</sup>/day



Cobra - Tedagusa – Mazarron, Spain  
Capacity: 36,000 m<sup>3</sup>/day



Tedagusa - Escombreras – Cartagena, Spain  
Capacity: 63,000 m<sup>3</sup>/day



FEWA | Federal Electricity & Water Authority | U/A  
United Arab Emirates | Capacity: 27,000 m<sup>3</sup>/day

critical to ensuring ERI's products perform consistently and reliably. Precise machining, inspection and performance testing are conducted. ERI's Engineering and Manufacturing departments work closely to maintain tight control and quality assurance. With proven reliability and maintenance-free performance, ERI's PX technology is one of the few rotating devices in the world that is backed by a free **five-year** warranty.

#### PROVEN RELIABILITY AND EXPERIENCE

PX technology has emerged as the industry standard for projects of all sizes; primarily due to the PX device's consistent delivery of energy and maintenance savings – with no excuses about changes in original design envelopes. Over 80 OEMs worldwide have standardized on PX technology with installations from small to medium (in practically every part of the world), to the world's largest desalination plants in Algeria, Australia, China, India, Mexico, Spain, along the Mediterranean Sea and the Middle East.

#### LOWEST LIFECYCLE COSTS

ERI's global install base saves real money compared to legacy energy recovery technologies such as Pelton wheels, Francis turbines and turbo chargers.

- Savings at over \$350 Million per year
- Up to 98% efficient
- Proven SWRO power consumption as low as 1.6 kWh/m<sup>3</sup>\*
- Real power savings of over 500 MW worldwide

#### WORLD-WIDE REFERENCES

ERI has 10 times more operating experience than the next manufacturer of isobaric energy recovery devices.

- Millions of unit hours of proven reliability
- Over 80 OEM's using PX devices with over 6,000 units sold or contracted worldwide
- More than 5,200,000 m<sup>3</sup>/day of capacity installed or under construction
- Multiple 10,000 m<sup>3</sup>/day trains operating for more than three years
- Standard 5 year warranty

#### SIMPLE DESIGN & EASE OF USE

PX technology offers the simplest approach to isobaric energy recovery available today; only one moving part and no scheduled maintenance. Its ease of use with no artificial intelligence or adaptive control schemes as well as fail-safe design features makes the PX device easy at startup and shutdown.

- Constant high efficiency over entire operating range
- One moving part
- Zero scheduled maintenance
- Smallest installed footprint when compared to other isobaric ERDs
- No pulsation, valves, pistons or timers

#### MATERIALS

- Alumina Ceramic
- Fiberglass Reinforced Polymer (FRP) internal components
- Industry Standard FRP housing
- AL-6XN® Superaustenitic Stainless Steel or equivalent wetted metal components
- Flexible coupling connections for easy installation

\*ADC

AL-6XN® is a registered trademark of Allegheny Ludlum Corp.



[illegible]

Model	Capacity m³/hr (gpm)	Connections (4X) inches	Shipping Dimensions mm (inches)	Shipping Weight kg (lbs)
PX-260	50 – 50 (220 – 260)	3	1218 x 1016 x 483 (48 x 40 x 19)	109 (240)

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF ENERGY RECOVERY, INC.  
ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT WRITTEN PERMISSION OF ENERGY RECOVERY, INC. IS PROHIBITED  
©2008, ENERGY RECOVERY, INC.



Energy Recovery, Inc.  
1908 Doolittle Drive  
San Leandro, CA 94577  
Tel. +1 (510) 483-7370  
Fax +1 (510) 483-7371  
Email: [info@energyrecovery.com](mailto:info@energyrecovery.com)  
Web: [www.energyrecovery.com](http://www.energyrecovery.com)



## Making Desalination Affordable\*

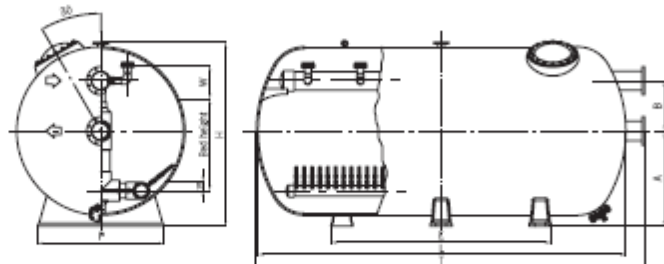
©Energy Recovery, Inc. 2009 All Rights Reserved.  
Design and specifications subject to change without prior notice.  
Doc. No. ERI-PB114ED 2009-02

## D. Filtros de arena.



### LECHO FILTRANTE 1,2m y 1,5m BRAZOS COLECTORES BED DEPTH 1,2m & 1,5m LATERAL SYSTEM

2.5 | 4 | 6



#### COMPONENTES OPCIONALES:

Mirilla  
Barrera interior en viniléster

#### OPTIONAL COMPONENTS:

Sightglass  
Vinyl-ester internal coating.



\* Para completar el código indicar la presión deseada:

\* To complete the code indicate the desired pressure:

EJ. CÓDIGO / EX. CODE:

10V15B \* E63

10V15B25E63

Para presión - For pressure:

2,5 bar = 25

4 bar = 40

6 bar = 60

8 bar = 80

10 bar = 100

*CÓDIGO *CODE	Ø	CONEXIONES CONNECTIONS	VEL. DE FILTRACIÓN FILTRATION RATE	CAUDAL FLOW RATE	ÁREA DE FILTRACIÓN FILT. AREA	DIMENSIONES DIMENSIONS							
	mm	mm DN	m³/h/m²	m³/h	m²	L	T	E	A	B	P	W	H
<b>LECHO FILTRANTE 1,2m / BED DEPTH 1,2m</b>													
20H35B * M16	2000	160 DN150	20	125	6,25	3500	3820	1620	1090	710	1470	410	2220
20H35B * M20		200 DN175	30	187,5									
20H35B * M22		225 DN200	40	250									
20H40B * M16	2000	160 DN150	20	144,2	7,21	4000	4320	2080	1090	710	1470	410	2220
20H40B * M20		200 DN175	30	216,3									
20H40B * M22		225 DN200	40	288,4									
20H45B * M20	2000	200 DN175	20	163,2	8,16	4500	4820	2800	1090	710	1470	410	2220
20H45B * M22		225 DN200	30	244,8									
20H45B * M25		250 DN225	40	326,4									
22H35B * M16	2350	160 DN150	20	141,2	7,06	3500	3850	1480	1270	710	1740	500	2560
22H35B * M20		200 DN175	30	211,8									
22H35B * M22		225 DN200	40	282,4									
22H40B * M20	2350	200 DN175	20	163,4	8,17	4000	4350	2080	1270	710	1740	500	2560
22H40B * M22		225 DN200	30	245,1									
22H40B * M25		250 DN225	40	326,8									
22H45B * M20	2350	200 DN175	20	185,6	9,28	4500	4850	2520	1270	710	1740	500	2560
22H45B * M22		225 DN200	30	278,4									
22H45B * M25		250 DN225	40	371,2									
22H50B * M20	2350	200 DN175	20	200,8	10,04	5000	5350	2740	1270	710	1740	500	2560
22H50B * M22		225 DN200	30	301,2									
22H50B * M25		250 DN225	40	401,6									
25H35B * M16	2500	160 DN150	20	146,8	7,34	3500	3880	1620	1360	710	1850	500	2710
25H35B * M20		200 DN175	30	220,2									
25H35B * M22		225 DN200	40	293,6									
25H40B * M20	2500	200 DN175	20	172,4	8,42	4000	4380	2080	1360	710	1850	500	2710
25H40B * M22		225 DN200	30	258,6									
25H40B * M25		250 DN225	40	344,8									
25H45B * M20	2500	200 DN175	20	196	9,80	4500	4880	2420	1360	710	1850	500	2710
25H45B * M22		225 DN200	30	294									
25H45B * M25		250 DN225	40	392									
25H50B * M20	2500	200 DN175	20	219,6	10,98	5000	5380	2740	1360	710	1850	500	2710
25H50B * M22		250 DN225	30	329,4									
25H50B * M31		315 DN250	40	439,2									

<b>LECHO FILTRANTE 1,5m / BED DEPTH 1,5m</b>													
30H50B * M20	3000	200 DN175	20	264,8	13,24	5000	5440	2570	1620	710	2200	500	3230
30H50B * M25		250 DN225	30	397,2									
30H50B * M31		315 DN250	40	529,6									

Para más información consultar página 13 - For more information consult page 13.

## E. Filtros de cartucho.

### UP-FLOW CARTRIDGE FILTRATION...

#### *A Design So Superior It's Patented!*

To understand how up-flow filters work, follow the diagram shown at right.

Fluid enters the filter under pressure and flows upward, forcing all air and the liquid through the filtration media, the holes in the center tubes and perforations in the rods that hold the cartridges in place. As the fluid continues its path, it flows past the top seal into the clean fluid chamber where it exits the filter through the standpipe. Notice the top of the standpipe is at the high point of the filter. Note the filter cartridges are sealed at the bottom and held in place with straight thread pipe caps on the Harmsco model shown in this diagram.

U.S. Patent Nos. 3,720,322 and 4,187,179. Existing foreign patents in effect and others pending.



### TWO TYPES

Harmsco Industrial Filters are constructed using two basic designs as shown below.



**Cartridge Cluster Filters**  
Models HIF 7, 14, 16, 21, 24



**High Capacity Filters**  
Models HIF 42, 75, 100, 150-FL, 200-FL

### SPECIFICATIONS

**Construction:** Electro-polished stainless steel  
**Pressure Rating:** Rated to 150 psi  
**Temperature Ratings:** \*Rate to 140°F (60°C) with CPVC rods, caps and standpipes. To 200° (93°C) with stainless steel internal components and high temperature cartridges

**Cartridge holding rods, lifters, & pipe caps:** Made of CPVC or stainless steel

**O-rings, seals and gaskets:** Standard filters have Buna-n o-rings; EPDM rim gaskets and top seals; bottom seals are natural gum rubber. Optional materials available.

**Flow Rates:** Typically 4-6 GPM per 9-3/4" Harmsco cartridge, depending on fluid being filtered, viscosity, suspended solids and length of filter run desired. See recommended flow charts above to be used for general guidelines only

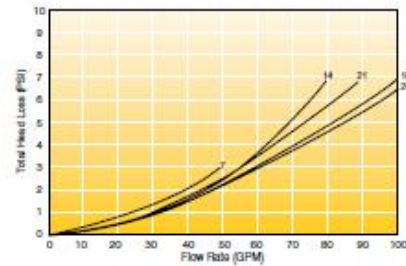
**\*NOTE:** Actual limits may vary depending upon material used, temperature conditions, pressure and time under load.

Model	Flow Rate (GPM)	Model	Flow Rate (GPM)
HIF 7	Up to 30 GPM	HIF 42	Up to 175 GPM
HIF 14	Up to 60 GPM	HIF 75	Up to 300 GPM
HIF 16	Up to 75 GPM	HIF 100	Up to 400 GPM
HIF 21	Up to 90 GPM	HIF 150-FL	Up to 600 GPM
HIF 24	Up to 100 GPM	HIF 200-FL	Up to 800 GPM

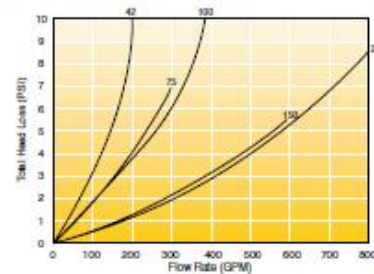
### PRESSURE DROP

Pressure drop data for Harmsco Industrial Filters and 20 micron cartridges with clean water are shown below:

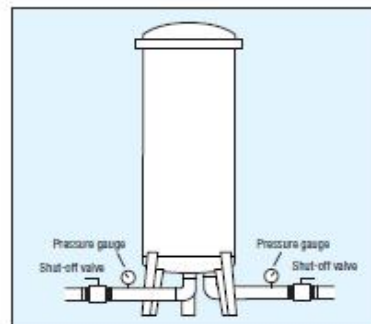
**Pressure Drop - Harmsco Cluster Filters (HIF 7, 14, 16, 21, 24)**



**Pressure Drop - Harmsco High Capacity Filters (HIF 42, 75, 100, 150, 200)**



### INSTALLATION GUIDELINES



1. Install filter housing on the pressure side of pump.
2. Install 90° elbow on inlet and outlet pipe fittings.
3. Install 90° elbow on drain (or cap if drain is not needed).
4. Connect pipe from discharge of pump to inlet fitting.
5. Connect discharge pipe to outlet fitting.
6. Ground filter housing using grounding lug provided.
7. Connection plumbing must be square, true and supported.

#### Note:

Pressure gauges to indicate cartridge change-out and shut off valves are recommended, as shown above.

### LID REMOVAL WITH WING-NUT CLOSURE

Drain filter housing, remove wing-nuts and lid for easy access to filter cartridges.



### LID REMOVAL WITH HEX NUT CLOSURE

If hex nuts are used for lid closure, a speed wrench may be used for fast lid removal.

### CARTRIDGE INSTALLATION



**Cluster Filters**  
Install cartridges on holding rods and secure with straight thread pipe cap.



**High Capacity Filters**  
Install cartridges on cartridge lifters, one stack at a time.

### LID REPLACEMENT

Replace wing or hex nuts systematically, working opposite to one another. With wing-nuts, "hand-tight" is normally sufficient. However, in extreme duty applications it may be necessary to tighten to 75 inch lbs.\* of torque. Over-tightening can cause damage to rim gaskets and top seals; do not use pry bars.

\* It is imperative to use inch pounds. NOT foot pounds.



### HARMSCO® REPLACEMENT FILTER CARTRIDGES

A full line of Harmco replacement cartridges are available for a wide range of applications, featuring pleated design for low pressure drop, increased filter areas, long filter runs and lower filtration costs.

### CARTRIDGE CLEANING

Harmco filter cartridges are cleanable and reusable in most applications and most micron ratings. For best results, clean cartridges when pressure differential is 12-15 psi above start-up differential. If cartridges are to be replaced allow pressure differential to climb to 25-30 psi above start-up differential or when flow has diminished to an unacceptable level, indicating cartridge is at capacity.

#### Cartridge Cleaning in Aqueous Applications:

Clean cartridges with pressure nozzle using standard hose. Direct spray at an angle to remove particulate. Follow these directions for best results:

**Oils in aqueous solution:** Soak cartridges in a solution of tri-sodium phosphate or similar strong detergent (2 lbs. to ten gallons of water). Soak up to twelve hours. Rinse after soaking.

**Organic matter and algae in aqueous solutions:** Use tri-sodium phosphate or similar strong detergent as described above, plus one pint of liquid chlorine to kill organic matter and algae. Soak cartridges one hour or longer until surface is no longer slippery. Rinse after soaking.

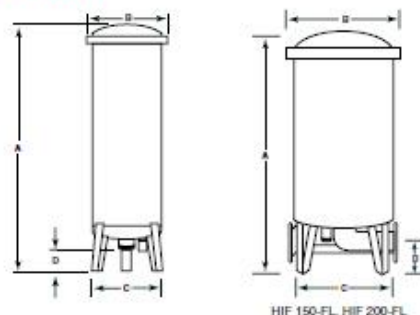
**Calcium & mineral deposits:** Follow the directions for oils described above. Rinse cartridges thoroughly for approximately ten minutes in a solution of one part of muriatic acid to twenty parts of water. Rinse cartridges thoroughly with water.

#### Caution:

Do not rinse cartridges with acid until oils and organic matter are removed. Use detergent first and follow with acid soak for mineral removal. Flush cartridges with water after muriatic or tri-sodium phosphate baths.

It is not advisable to clean Harmco cartridges when filtering petroleum-base liquids, toxic substances and when using one micron and sub-micron cartridges.

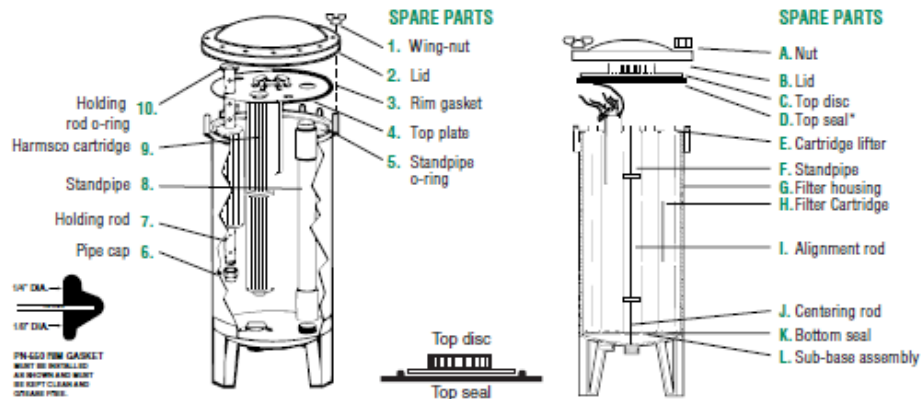
### DIMENSIONS



Model	A	B	C	D	Service Ht. Clear	Inlet/ Outlet	Drain
HIF 7	19-1/2"	13"	13"	3-1/2"	35"	1-1/2" NPT	1" NPT
HIF 14	28"	13"	13"	3-5/16"	48"	1-1/2" NPT	1" NPT
HIF 16	28"	13"	13"	3-7/8"	48"	2" NPT	1" NPT
HIF 21	37"	13"	13"	3-1/2"	68"	1-1/2" NPT	1" NPT
HIF 24	37"	13"	13"	4"	68"	2" NPT	1" NPT
HIF 42	40"	18"	18"	5-3/8"	68"	2" NPT	1" NPT
HIF 75	42"	20"	20"	6-3/8"	70"	3" NPT	1-1/2" NPT
HIF 100	52"	20"	20"	5-7/8"	87"	3" NPT	1-1/2" NPT
HIF 150-FL	48"	28"	28"	5-3/16"	76"	4" flange	1-1/2" NPT
HIF 200-FL	58"	28"	28"	5-3/16"	93"	4" flange	1-1/2" NPT

\* To center of flanged fitting.





Replacement Part Numbers for Cluster Filters

Item	HIF 7 Part Qty.	HIF 14 Part Qty.	HIF 16 Part Qty.	HIF 21 Part Qty.	HIF 24 Part Qty.
1	202-B 12	202-B 12	202-B 12	202-B 12	202-B 12
2	530-A 1	530-A 1	530-A 1	530-A 1	530-A 1
3	550-E 1	550-E 1	550-E 1	550-E 1	550-E 1
4	519SS 1	519SS 1	901SS 1	519SS 1	901SS 1
5	551-B 1	551-B 1	930-B 1	551-B 1	930-B 1
6	513-C 7	513-C 7	513-C 8	513-C 7	513-C 8
7	555-C 7	512-C 7	512-C 8	534-C 7	534-C 8
8	560-C 1	531-C 1	965-C 1	532-C 1	1445-C 1
9	Cart. 7	Cart. 14	Cart. 16	Cart. 21	Cart. 24
10	552-B 7	552-B 7	552-B 8	552-B 7	552-B 8

\*\* And 20, 202-BT wing nuts; or 40, 202-H hex nuts with 40, 203 flat washers.

Replacement Part Numbers for High Capacity Filters

Item	HIF 42 Part Qty.	HIF 75 Part Qty.	HIF 100 Part Qty.	HIF 150-FL Part Qty.	HIF 200-FL Part Qty.
A	202-B 16	202-B 20	202-B 20	202-B 20**	202-B 20**
B	611-A 1	669-A 1	669-A 1	613-A 1	613-A 1
C	633SS 1	670SS 1	670SS 1	661SS 1	661SS 1
D	635-E 1	671-E 1	671-E 1	653-E 1	653-E 1
E	622-C 14	622-C 25	623-C 25	622-C 50	623-C 50
F	630-C 1	672-C 1	673-C 1	646-C 1	647-C 1
G	601-A 1	674-A 1	675-A 1	606-A 1	607-A 1
H	Cart. 42	Cart. 75	Cart. 100	Cart. 150	Cart. 200
I	None	678-3 1	679-3 1	678-4 1	679-4 1
J	625-P 14	625-P 25	625-P 25	625-P 50	625-P 50
K	639-N 14	639-N 25	639-N 25	639-N 50	639-N 50
L	637SS 1	677SS 1	677SS 1	638SS 1	638SS 1

#### Harmco Inc. Industrial Filters Limited Warranty

1. Harmco, Inc. warrants its line of Industrial Filters to be free of defects in material and workmanship for a period of one year from the date of installation.
2. The warranty for Industrial Filters ordered with special coatings is limited only to the recoating of the defective parts due to failure in materials or workmanship for one year from date of installation.
3. This warranty does not cover any equipment purchased for use in applications in which the product is not suited. It is the responsibility of the buyer to determine if a product is suitable for a particular application.
4. THIS WARRANTY EXCLUDES THE FOLLOWING:
  - A. Any fresh water unit installed for salt water use.
  - B. Damage caused by improper installation, operation or care.
  - C. Chemical attack.
  - D. Modification or alteration by other than Harmco employees.
  - E. Rubber type parts and normal wear items i.e. "O" rings, rim gaskets, wing-nuts, pipe caps, holding rods.
  - F. Any costs of labor or expenses expended in the removal and/or installation of unit, or any surrounding device.
  - G. Damage caused by galvanic or electrolytic attack.
  - H. Altering or removing the Harmco, Inc. information label.
  - I. Any unit not grounded.
5. Service under this warranty is to be provided by the distributor who sold the unit to the user. If the distributor is unable to provide warranty service, contact:
 

Harmco, Inc., P.O. Box 14066  
North Palm Beach, Florida, 33408, U.S.A.  
Phone: (561) 848-9628 • Fax: (561) 845-2474

A Returned Goods Authorization (RGA) number must be received from the above office and placed on all shipments to and correspondence with Harmco, Inc. Please be prepared with the following information: 1. Model number and serial number; 2. Date of installation; 3. Name of installer; 4. Nature of problem; 5. Your address and telephone number.

Available from:

Harmco is a registered trademark of Harmco, Inc.  
023 4/07

Toll Free: (800) 327-3248  
Fax: (561) 845-2474  
Local: (561) 848-9628  
E-mail: sales@harmco.com



**Harmco® Filtration Products**

P.O. Box 14066, North Palm Beach, Florida 33408



# HARMSCO®

## Premium 701 Series Filter Cartridges

Industrial Grade

**Designed for Housings That Utilize 2-1/2" O.D. Cartridges, and Harmsco® FSSS, BC and HMC Filter Housings**

Highly efficient filter cartridges made of pleated Polyester-Plus™ filter media. The industry's largest surface area.

- Lower overall operating cost  
Longer filter runs for fewer change outs  
Lower initial pressure drops  
Reduced maintenance down time and cost  
Increased contaminant removal  
High flow capability



### Features

- ▶ Pleated filter media provides higher flow rates and lower initial pressure drop
- ▶ Pleated filters offer more surface area providing higher loading capacity for longer filter life and increased particle removal
- ▶ End cap, center tubes and media are thermally bonded as one integral component for added strength
- ▶ Offered in Polyester Plus, Harmsco Free and Poly Pleat media types
- ▶ Color coded end caps for easy micron identification



### Applications

- ▶ Reverse Osmosis Pre-filtration
- ▶ Municipal Drinking Water Filtration
- ▶ Commercial/Residential Drinking Water Filtration
- ▶ Desalination Pre-filtration
- ▶ Industrial Water Filtration
- ▶ Cooling Tower Filtration
- ▶ Chill Water Loop Filtration
- ▶ Food & Beverage Filtration
- ▶ Marine/Aquatic Filtration



**HARMSCO® Filtration Products**



Made in USA

## Specifications

- **Filter media:** Polyester-Plus™, Synthetic and Polypropylene
- **Center Core:** Rigid PCV with perforations or polypropylene
- **Outer Support Media:** Polypropylene
- **Temperature:** 140°F (60°C)

- **Shrink Wrap:** Standard on all cartridges
- **End Caps:** Pliable PVC, sealing surface built in
- **Change Out:** 25 PSI ΔP (1.7 bar)
- **pH:** 3 to 11



## Cartridge Selection/Sizing Guide

2-1/2" O.D.

	Product Code	Nominal Micron Rating	Media (sq ft)	Recommended Flow Rate* (GPM)	Length (in)	O.D. (in)	No./Case
<b>Polyester</b> - engineered for high efficiency, low pressure drops							
9-3/4"	701-0.3s	0.3s	5	4	9-3/4	2-1/2	28
	701-1	1	5	4	9-3/4	2-1/2	28
	701-5	5	5	4	9-3/4	2-1/2	28
	701-20	20	5	4	9-3/4	2-1/2	28
	701-50	50	5	4	9-3/4	2-1/2	28
10"	701-0.3s/10	0.3s	5	4	10	2-1/2	28
	701-1/10	1	5	4	10	2-1/2	28
	701-5/10	5	5	4	10	2-1/2	28
	701-20/10	20	5	4	10	2-1/2	28
	701-50/10	50	5	4	10	2-1/2	28
20"	701-0.3s/20	0.3s	10	8	20	2-1/2	28
	701-1/20	1	10	8	20	2-1/2	28
	701-5/20	5	10	8	20	2-1/2	28
	701-20/20	20	10	8	20	2-1/2	28
	701-50/20	50	10	8	20	2-1/2	28
30"	701-0.3s/30	0.3s	15	12	30	2-1/2	28
	701-1/30	1	15	12	30	2-1/2	28
	701-5/30	5	15	12	30	2-1/2	28
	701-20/30	20	15	12	30	2-1/2	28
	701-50/30	50	15	12	30	2-1/2	28
40"	701-0.3s/40	0.3s	20	16	40	2-1/2	28
	701-1/40	1	20	16	40	2-1/2	28
	701-5/40	5	20	16	40	2-1/2	28
	701-20/40	20	20	16	40	2-1/2	28
	701-50/40	50	20	16	40	2-1/2	28
<b>Harmsco Free</b> - 100% synthetic composite media							
10"	701-1/10-HF	1	5	4	10	2-1/2	28
	701-5/10-HF	5	5	4	10	2-1/2	28
	701-20/10-HF	20	5	4	10	2-1/2	28
	701-1/20-HF	1	10	8	20	2-1/2	28
	701-5/20-HF	5	10	8	20	2-1/2	28
20"	701-20/20-HF	20	10	8	20	2-1/2	28
	701-1/30-HF	1	15	12	30	2-1/2	28
	701-5/30-HF	5	15	12	30	2-1/2	28
	701-20/30-HF	20	15	12	30	2-1/2	28
	701-1/40-HF	1	20	16	40	2-1/2	28
40"	701-5/40-HF	5	20	16	40	2-1/2	28
	701-20/40-HF	20	20	16	40	2-1/2	28
<b>Poly-Pleat</b> - 1 micron absolute, multi-layered media							
10"	PP-701-1/10	1	3	1.5	10	2-1/2	28
20"	PP-701-1/20	1	7	3.5	20	2-1/2	28
30"	PP-701-1/30	1	11	5.5	30	2-1/2	28
40"	PP-701-1/40	1	15	7.5	40	2-1/2	28



Five micron ratings and color coded end caps for easy identification.

Note: This publication is to be used as a guide. The data within has been obtained from many sources and is considered to be accurate. Harmsco does not assume liability for the accuracy and/or completeness of this data. Changes to the data can be made without notification. Temperature, Pressure, Flow Rate, Differential Pressure, Chemical Combinations and other unknown factors can affect performance in unknown ways. **Limited Warranty:** Harmsco warrants their products to be free of material and workmanship defects. Determination of suitability of Harmsco products for uses and applications contemplated by Buyer shall be the sole responsibility of Buyer. The end user/installer/buyer shall be liable for the products performance and suitability regarding their specific intended applications. End users should perform their own tests to determine suitability for each application.



**HARMSCO® Filtration Products**

P.O. Box 14066, North Palm Beach, FL 33408

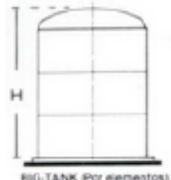
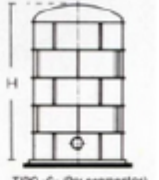
(561) 848-9628 • Toll-free: (800) 327-3248 • Fax: (561) 845-2474 • E-mail: sales@harmsco.com

[www.harmsco.com](http://www.harmsco.com)




© Harmsco, Inc. 22A 2/11

## F. Depósitos de agua producto.

MEDIDAS Y CAPACIDADES								
BIG-TANK			EQUIPO DE NORMA			TIPO G		
			<b>EQUIPO DE NORMA</b> Boca inspección (lateral o superior) Respiradero Dos tubuladuras <b>OPCIONES</b> Tubuladuras adicionales Válvulas y accesorios Niveles, etc...					
BIG-TANK (Por elementos)			TPG «G» (Por segmentos)					
Capacidad	D	H	Capacidad	D	H	Capacidad	D	H
50.000	4.000	4.320	170.000	4.800	9.912	450.000	7.000	12.270
60.000	4.000	5.390		5.000	9.080		8.000	9.800
70.000	4.000	5.910		6.000	6.600		9.000	7.790
80.000	5.000	3.960	180.000	7.000	4.970	500.000	10.000	5.880
	4.000	6.710		8.000	4.000		7.000	13.580
	4.800	4.890		4.800	10.472		8.000	10.600
90.000	5.000	4.470	190.000	5.000	9.590	600.000	9.000	8.570
	4.000	7.510		6.000	6.850		10.000	6.520
	4.800	5.448		7.000	5.230		12.000	5.340
100.000	5.000	4.990	200.000	8.000	4.200	700.000	7.000	16.170
	4.000	8.300		4.800	11.030		8.000	12.580
	4.800	6.006		5.000	10.110		9.000	10.140
110.000	5.000	5.500	210.000	6.000	7.210	800.000	10.000	70790
	6.000	4.010		7.000	5.490		12.000	6.230
	4.000	9.100		8.000	4.400		8.000	14.580
120.000	4.800	6.565	220.000	4.800	11.588	900.000	9.000	11.720
	5.000	6.010		5.000	10.620		10.000	9.060
	6.000	4.360		6.000	7.560		12.000	7.120
130.000	4.000	9.900	230.000	7.000	5.750	1.000.000	8.000	16.570
	4.800	7.123		8.000	4.600		9.000	13.290
	5.000	6.520		9.000	3.830		10.000	10.330
140.000	6.000	4.720	240.000	4.800	12.146	1.250.000	12.000	8.010
	4.000	10.690		4.800	12.704		8.000	18.560
	4.800	7.681		5.000	13.170		9.000	14.870
150.000	5.000	7.030	250.000	6.000	9.330	1.500.000	10.000	11.610
	6.000	5.080		7.000	7.050		12.000	8.890
	4.000	11.490		8.000	5.600		9.000	16.450
160.000	4.800	8.239	260.000	9.000	4.620	1.750.000	10.000	12.890
	5.000	7.550		6.000	11.110		12.000	9.780
	6.000	5.430		7.000	8.360		10.000	15.570
170.000	7.000	4.190	270.000	8.000	6.600	2.000.000	12.000	11.990
	4.000	12.290		9.000	5.410		10.000	18.640
	4.800	8.797		6.000	12.880		12.000	14.210
180.000	5.000	8.060	280.000	7.000	9.660		12.000	16.440
	6.000	5.780		8.000	7.600			
	7.000	4.450		9.000	6.200			
190.000	4.000	13.080	290.000	6.000	14.650			
	4.800	9.355		7.000	10.970			
	5.000	8.570		8.000	8.600			
200.000	6.000	6.140	300.000	9.000	6.990			
	7.000	4.710		10.000	5.250			




G. Depósitos químicos, equilibrio osmótico y lavado químico.









**TABLAS DE CAPACIDADES Y MEDIDAS**

**MEMORIA DE CÁLCULO**

Todas nuestras torres y tanques poseen su correspondiente Memoria de Cálculo, lo que garantiza la calidad del producto que está comprando.



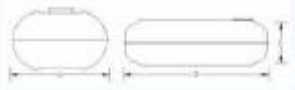
<b>ATERMIC</b>							
Volumen (litros)	Diámetro (mm)	Altura total (mm)	Altura total (mm) no incluye la altura de las patas			Largo total (mm)	
1.000	1.000	1.495	1.600	1.730	1.800	1.480	1.480
1.500		2.130	2.235	2.365	2.235	2.115	2.115
2.000		2.765	2.870	3.000	2.870	2.750	2.750
2.500		3.405	3.505	3.635	3.505	3.390	3.390
3.000		4.040	4.145	4.275	4.145	4.025	4.025
2.000	1.600	1.255	1.395	1.640	1.395	1.255	1.255
2.500		1.515	1.645	1.890	1.645	1.505	1.505
3.000		1.765	1.895	2.135	1.895	1.750	1.750
3.500		2.010	2.140	2.385	2.140	2.000	2.000
4.000		2.260	2.390	2.635	2.390	2.250	2.250
4.500	2.000	2.510	2.640	2.890	2.640	2.500	2.500
5.000		2.760	2.890	3.130	2.890	2.750	2.750
6.000		3.255	3.385	3.630	3.385	3.245	3.245
7.000		3.755	3.880	4.125	3.880	3.740	3.740
8.000		4.250	4.380	4.625	4.380	4.240	4.240
5.000	2.500	2.000	2.195	2.470	2.195	1.980	1.980
6.000		2.320	2.515	2.780	2.515	2.300	2.300
8.000		2.855	3.150	3.425	3.150	2.935	2.935
10.000		3.600	3.790	4.060	3.790	3.570	3.570
12.000		4.230	4.425	4.700	4.425	4.210	4.210
10.000	3.200	2.430	2.615	30.10	2.615	2.415	2.415
12.000		2.835	3.025	3.420	3.025	2.820	2.820
15.000		3.445	3.635	4.030	3.635	3.435	3.435
18.000		4.060	4.245	4.640	4.245	4.045	4.045
20.000		4.465	4.655	5.050	4.655	4.455	4.455
25.000	4.000	5.485	5.675	6.065	5.675	5.470	5.470
15.000		2.365	2.610	3.115	2.610	2.350	2.350
20.000		2.990	3.230	3.735	3.230	2.970	2.970
25.000		3.610	3.850	4.355	3.850	3.590	3.590
30.000		4.230	4.475	4.960	4.475	4.215	4.215
35.000	4.000	4.855	5.095	5.600	5.095	4.835	4.835
40.000		5.475	5.715	6.220	5.715	5.460	5.460
50.000		6.720	6.960	7.465	6.960	6.700	6.700
40.000		4.095	4.505	5.020	4.505	4.025	4.025
50.000		4.890	5.300	5.815	5.300	4.820	4.820
60.000	4.000	5.675	6.095	6.610	6.095	5.615	5.615
70.000		6.470	6.890	7.405	6.890	6.410	6.410
80.000		7.265	7.685	8.200	7.685	7.205	7.205
90.000		8.065	8.485	8.900	8.485	8.000	8.000
100.000		8.860	9.280	9.790	9.280	8.800	8.800
125.000	4.000	10.850	11.270	11.780	11.270	10.785	10.785
150.000		12.840	13.255	13.770	13.255	12.775	12.775
175.000		14.825	15.245	15.760	15.245	14.765	14.765
200.000		16.815	17.235	17.750	17.235	16.755	16.755

**ATERMIC**

Volumen (litros)	Diámetro (mm)	Diámetro boca (mm)	Altura total (mm)
300	684	815	660
500	786	936	870
850	1.050	1.187	870
1.000	1.054	1.213	970
3.000	1.455	1.744	1.410
6.000	1.884	2.016	1.720
10.000	2.315	2.524	2.900


**ATERMIC**


Volumen (litros)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
8.000	2.200	4.020	1.250



**ATERMIC**

Volumen (litros)	Diámetro (mm)
15.500	3.100



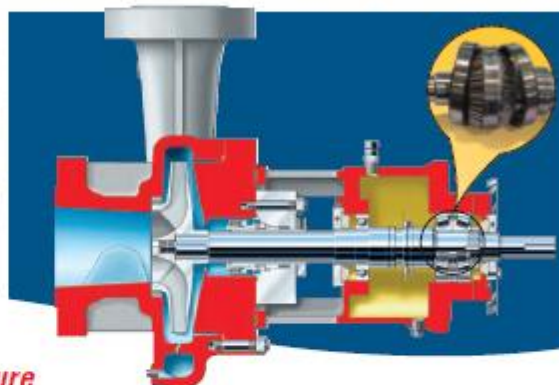


Definición para el almacenamiento de líquidos

## H. Bomba booster.



### **HPX-H** **ISO 13709/API 610 (OH2)** **High-Pressure Horizontal Process Pump**



#### **Performance Under Pressure**

*The new Flowserve HPX-H high-pressure horizontal process pump provides reliable operation at pressures exceeding the suction pressure and maximum allowable working pressure of its popular HPX process pump. Incorporating the HPX's proven hydraulics, the HPX-H is capable of handling pressures up to 150 bar (2175 psi). It employs an optimized thrust impeller configuration and tapered roller thrust bearings to meet high-suction pressure needs. Available with Class 600, 900 and 1500 flanges to ASME B16.5, the HPX-H meets or exceeds the rigorous requirements of ISO 13709/API 610 and ISO 21049/API 682, latest editions.*

#### **Typical High-Pressure Applications**

- Petrochemical processing
- Chemical processing
- Boiler feed water circulation
- Reverse osmosis booster
- GTL processes

#### **Features and Benefits**

**High Axial Thrust Rotor Design** boasts low  $L^3/D^4$  shaft stiffness ratio, resulting in long rotor, bearing and mechanical seal life. Featuring duplex single row tapered roller thrust bearings and an optimized thrust impeller configuration, this rotor design capably handles suction pressures up to 75 bar (1088 psi)

**Heavy-Duty Centerline Supported Casing** with extra thick walls and flanges carries a higher pressure rating than standard designs and exceeds ISO 13709/API 610 nozzle loading requirements. It also facilitates shaft alignment at temperatures up to 450°C (850°F). Top/top nozzle configuration optional. Raised face flanges are to ASME B16.5; ISO, JIS and DIN flanges available

**Robust Bearing System** consists of duplex single row, tapered roller thrust bearings and a single row deep groove ball radial bearing. Oil slinger lubrication and labyrinth bearing enclosures are standard. Heat sink flinger and external fan sufficiently cool the pump to enable pumping temperatures to 450°C (850°F) without the need for water cooling. Pure oil mist, purge oil mist and water cooling optional

**Standard ISO 21049/API 682 Seal Chamber** houses single and dual mechanical seals as well as numerous high-pressure designs

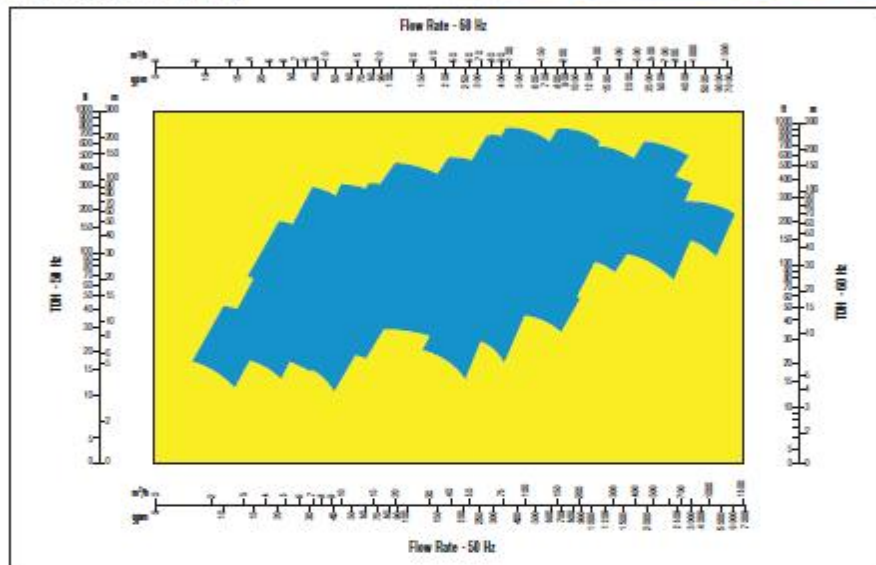
**Experience In Motion**



**HPX-H**  
**ISO 13709/API 610 (OH2)**  
**High-Pressure Horizontal Process Pump**

**Operating Parameters**

- Flows to 1500 m<sup>3</sup>/h (6600 US gpm)
- Heads to 300 m (985 ft)
- Maximum working pressures to:
  - 100 bar (1450 psi) with Class 600 and 900 flanges
  - 150 bar (2175 psi) with Class 1500 flanges
- Temperatures to 450°C (850°F)
- More than 25 sizes with discharge nozzles ranging from 25 mm (1 in) to 355 mm (14 in)



Bulletin PSS-10-5.3 (E/A4) Printed in USA, October 2007.  
© Flowserve Corporation

**To find your local Flowserve representative:**

For more information about Flowserve Corporation,  
visit [www.flowserve.com](http://www.flowserve.com) or call USA 1 800 728 PUMP (7867)

**USA and Canada**  
Flowserve Corporation  
5215 North O'Connor Blvd.  
Suite 2300  
Irving, Texas 75039-5421 USA  
Telephone: 1 937 890 5839

**Europe, Middle East, Africa**  
Flowserve Corporation  
Via Rossini 90/92  
20033 Desio (Milan), Italy  
Telephone: 39 0362 6121  
Telefax: 39 0362 303396

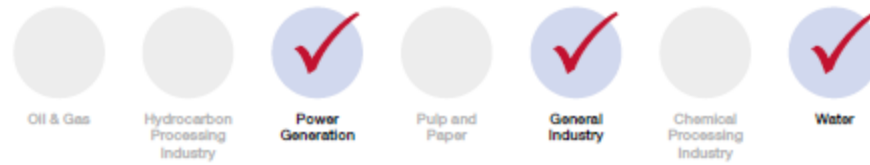
**Latin America**  
Flowserve Corporation  
Boulevard del Catetel  
Edificio Ninina, Local 7  
El Catetel - Caracas  
Venezuela 1061  
Telephone: 58 212 985 3092  
Telefax: 58 212 985 1007

**Asia Pacific**  
Flowserve Pte. Ltd.  
200 Pandan Loop #06-03/04  
Pantech 21  
Singapore 128388  
Telephone: 65 6775 3003  
Telefax: 65 6779 4607

[flowserve.com](http://flowserve.com)

## I. Bomba de alta presión.

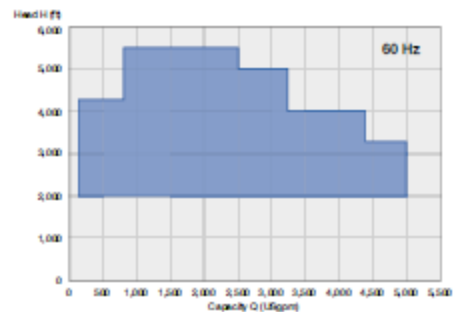
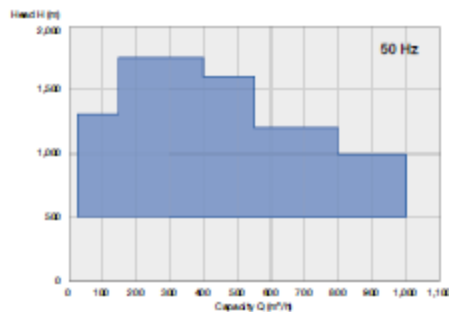
### MC High Pressure Stage Casing Pumps



#### Operating Data

50 Hz		60 Hz
up to 200 mm	Pump sizes	up to 8 inches
up to 1,000 m <sup>3</sup> /h	Capacities	up to 5,000 USgpm
up to 1,750 m	Heads	up to 5,500 feet
up to 180 bar	Pressures	up to 2,610 psi
up to 180 °C	Temperatures	up to 355 °F

#### Performance Ranges



#### Materials

Pump Part	Material
Suction casing, discharge casing	Carbon steel, chrome steel, duplex steel & super duplex steel
Impellers	Chrome steel, duplex steel, super duplex steel
Shaft	Chrome steel, duplex steel, super duplex steel
Balancing system	Chrome steel, duplex steel, super duplex steel



## J. Bomba de captación.



**BOMBAS CENTRIFUGAS MONOCELULARES**  
**SINGLE STAGE CENTRIFUGAL PUMPS**  
**POMPES CENTRIFUGUES MONOCELLULAIRES**

Aceites térmicos hasta 300 °C  
Thermic oils until 300 °C  
Huiles thermiques jusqu'à 300 °C

### Límites y características

Caudales hasta 350 m<sup>3</sup>/h.  
Alturas hasta 95 metros.  
Velocidad 1.500/3.000 r.p.m.  
Temperatura hasta +300°C.  
Cierre del eje: Mecánico.  
Refrigeración: Aire  
Sentido de giro: A derechas visto desde el accionamiento.

### Bridas

Aspiración axial e impulsión radial hacia arriba. DIN 2532 PN-10.  
Bajo demanda ANSI 150 Lb.

### Presión de trabajo

En ejecución de H<sup>o</sup> F<sup>o</sup>, la presión de prueba estática es 2 veces la presión dinámica.  
Presión mínima de prueba 10 Kg./cm<sup>2</sup>.  
Para presiones de prueba superiores, y bajo demanda, ejecuciones en Fundición Nodular, Acero, etc.

### Materiales

Todas las bombas pueden fabricarse total o parcialmente en H<sup>o</sup> F<sup>o</sup>, Fundición Nodular, Acero, Aceros Inoxidables, Hastelloy o cualquier tipo de aleación metálica.

### Limits and characteristics

Volumes of flow until 350 m<sup>3</sup>/h.  
Heads until 95 meters.  
Speed 1.500/3.000 r.p.m.  
Temperature until +300°C.  
Mechanical seal.  
Cooling: Air.  
Direction of rotation: To the right when looking at the motor.

### Flanges

Axial suction and radial discharge upward DIN-2532 ND-10.  
On request ANSI 150 Lb.

### Working pressure

Made of Cast Iron, the static test pressure is 2 as large as dynamic pressure.  
Minimum test pressure 10 Kg./cm<sup>2</sup>.  
For larger test pressures and on request, made of Nodular Casting, Steel, etc.

### Materials

All pumps can be made total or partly of Cast Iron, Nodular Casting, Steel, Stainless Steel, Hastelloy or any type of metallic alloy.

### Limites et caractéristiques

Débits jusqu'à 350 m<sup>3</sup>/h.  
Hauteurs jusqu'à 95 mètres.  
Vitesse 1.500/3.000 t.p.m.  
Température jusqu'à +300°C.  
Garniture mécanique.  
Refrigeration: Air  
Sens de rotation: Vers la droite regardant le moteur.

### Brides

Aspiration axial et impulsion radial vers le haut.  
DIN-2532 PN-10.  
Sous demande ANSI 150 Lb.

### Pression du travail

En execution Ft la pression d'essai statique est 2 fois la pression dynamique.  
Pression minime d'essai 10 Kg./cm<sup>2</sup>.  
Pour pressions d'essai superieures et sous demande, en executions de Fondue Nodular, Acier, etc.

### Materiaux

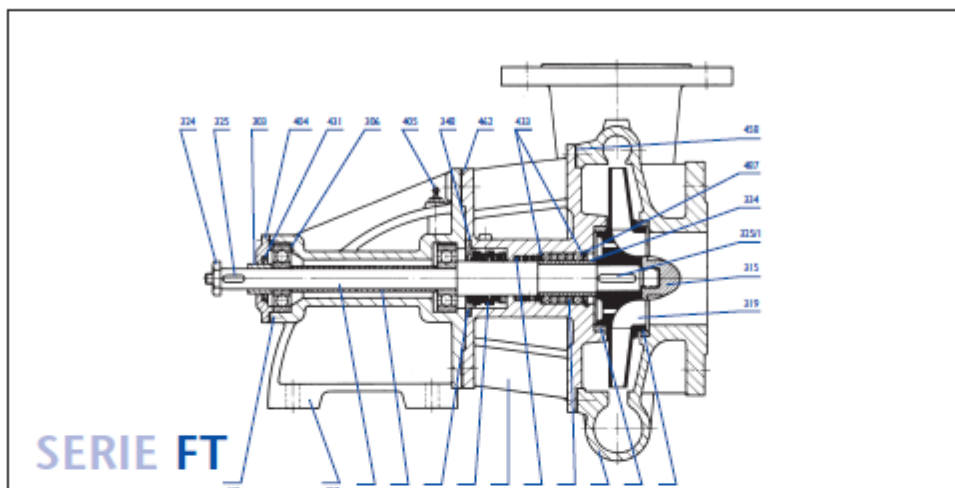
Toutes les pompes peuvent être fabriquées total ou partiellement en Ft, Fonte Nodular, Acier, Acier Inox, Hastelloy ou autre type d'alliage métallique.



**Bombas Zeda**



DESPIECE DE LAS BOMBAS SECTIONED PUMPS: DRAWING DETACHEMENT DES POMES



MARCA	DENOMINACION	DENOMINATION	DENOMINATION	DIN	ASTM	UNE
303	Casquillo acoplamiento	Copling sleeve	Chemise d'accouplement	GG-25	A-48-CL30B	F-812
306	Rodamiento	Bearing	Roulement			
314	Eje	Shaft	Arbre	CK-45	A-108-1045	F-114
315	Tuerca bellota	Nut	Ecrou	CK-60	A-108-1055	F-115
316	Casquillo rodamiento	Bearing sleeve	Chemise de roulement	GG-25	A-48-CL30B	F-812
319	Impulsor	Impeller	Roue	GG-25	A-48-CL30B	F-812
324	Tuerca del acoplamiento	Coupling nut	Ecrou d'accouplement	CK-60	A-108-1055	F-115
325	Chaveta acoplamiento	Coupling key	Clavette d'accouplement	CK-60	A-108-1055	F-115
325/I	Chaveta impulsor	Impeller key	Clavette de la roue	CK-60	A-108-1055	F-115
334	Camisa eje	Shaft sleeve	Chemise du arbre	X210Gr12		F-512
347	Cierre mecánico	Mechanical seal	Garniture mécanique			
348	Junta cierre	Seal gasket	Joint du garniture			
349	Tapa cierre	Seal cap	Couvercle du garniture	GG-25	A-48-CL30B	F-812
404	Tapa rodamiento	Bearing cap	Couvercle du roulement	GG-25	A-48-CL30B	F-812
405	Engrasador	Greaser	Grassage			
407	Soporte rodamientos	Bearing housing	Support de roulements	GG-25	A-48-CL30B	F-812
410	Empaquetadura	Packing	Etaupée			
418	Cuerpo de bomba	Pump casing	Corps de pompe	GG-25	A-48-CL30B	F-812
423	Tapa cuerpo de bomba	Pump casing cap	Couvercle de corps de pompe	GG-25	A-48-CL30B	F-812
431	Retén	Gland	Retain	Neopreno	Neopreno	Neopreno
432	Muelle	Spring	Ressort	CK-60	A-108-1055	F-115
433	Arandela	Washer	Rondelle	CK-60	A-108-1055	F-115
*449	Aro desgaste aspiración	Suction wear ring	Bague d'usure d'aspiration	G-Sn Bz 10	B-143	C-311
*449/I	Aro desgaste impulsión	Discharge wear ring	Bague d'usure d'impulsion	G-Sn Bz 10	B-143	C-311
458	Junta cuerpo	Casing gasket	Joint du corps			
462	Junta soporte	Housing gasket	Joint Support			
487	Arandela Elástica	Elastic washer	Rondelle Elastique	CK-60	A-108-1055	F-115

\* Bajo demanda / On request / Sous commande

BOMBAS ZEDA, S.A. se reserva el derecho de efectuar las modificaciones que estime oportunas sin previo aviso.  
BOMBAS ZEDA, S.A. reserve the right to make any modifications considered suitable without prior notice.  
BOMBAS ZEDA, S.A. on reserve le droit d'affectuer les modifications considérées oportunas sans avis.

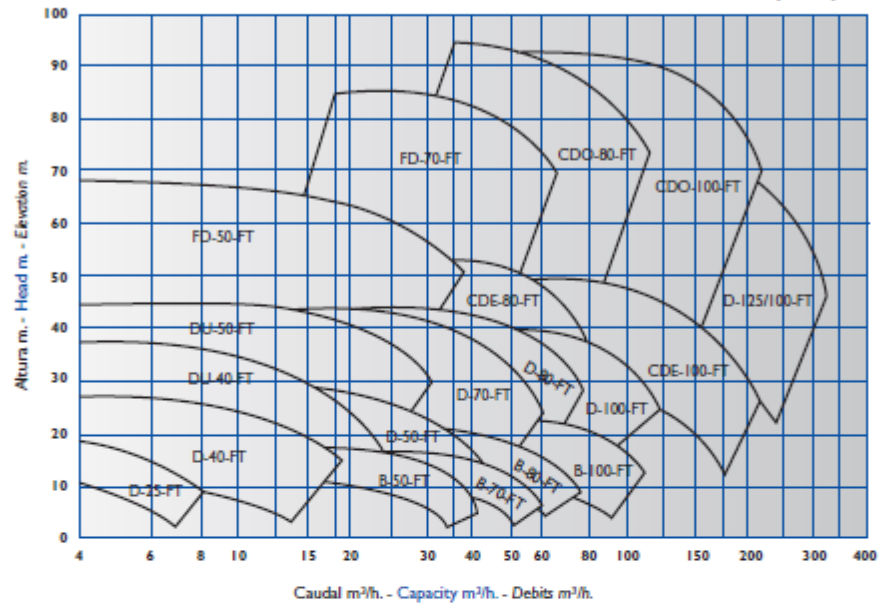
**Bombas Zeda**



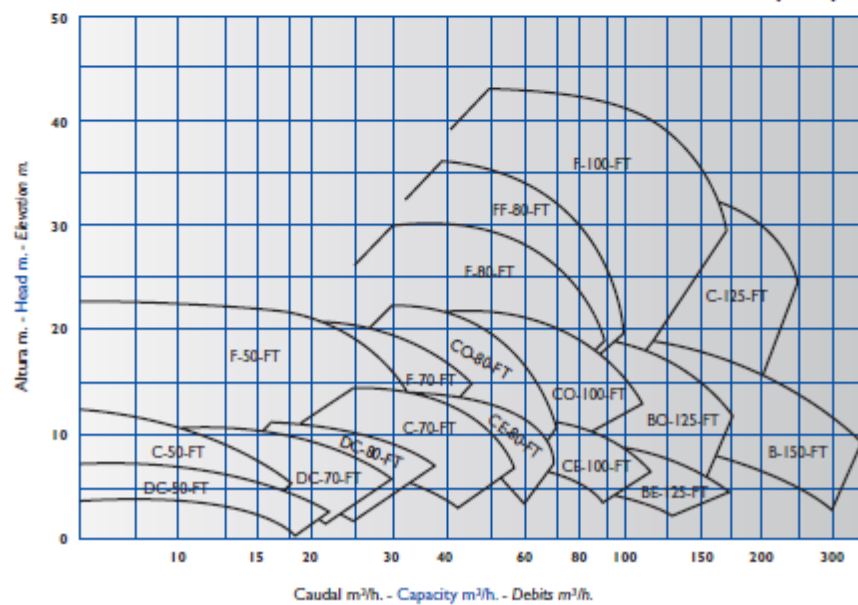
CAMPO DE APLICACION SELECTION CHART ABAQUES D'APPLICATION

## SERIE FT

2.900 r.p.m./t.p.m.

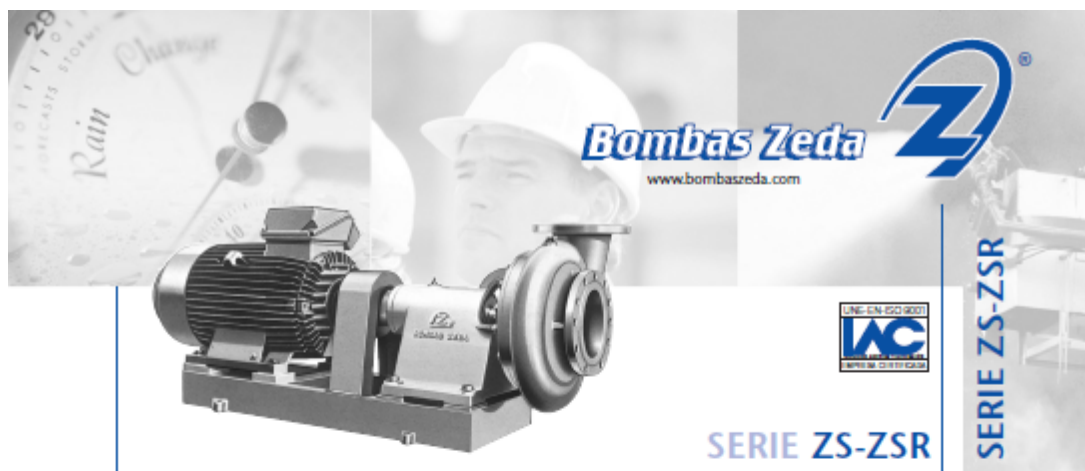


1.450 r.p.m./t.p.m.





## K. Bombas de alimentación, permeado, agua producto y salmuera.



### BOMBAS CENTRIFUGAS MONOCELULARES BOMBAS CENTRIFUGAS MONOCELULARES SINGLE STAGE CENTRIFUGAL PUMPS

#### Límites y características

Caudales hasta 5.000 m<sup>3</sup>/hora.  
Alturas hasta 85 metros.  
Velocidad 1500/1000/750 r.p.m.  
Temperatura desde -30°C hasta +105°C.  
Cierre del Eje: Empaquetadura o cierre mecánico.  
Sentido de giro: A derechas visto desde el accionamiento.

#### Bridas

Aspiración axial e impulsión radial.  
DIN 2532 PN-10.  
Bajo demanda ANSI 150 Lb.

#### Presión de trabajo

En ejecución de H° F°, la presión de prueba estática es 1,5 veces la presión dinámica.  
Presión mínima de prueba 6 Kg/cm<sup>2</sup>.  
Para presiones de prueba superiores, y bajo demanda, ejecuciones en Fundición Nodular.

#### Materiales

Todas las bombas pueden fabricarse total o parcialmente en H° F° Nodular, Bronce Ni-Resist, Aceros Inoxidables, Hastelloy o cualquier tipo de aleación metálica.

#### Variantes de ejecución

Las bombas ZS pueden fabricarse para agua sobrecalentada hasta 180°C y fluidos diversos desde -70°C hasta 300°C.

#### Límites e características

Caudais até 5.000 m<sup>3</sup>/h.  
Alturas até 85 m.  
Velocidades 1.500/1.000/750 r.p.m.  
Temperatura desde -30°C até +105°C.  
Vedação do veio: empanque de cordão ou empanque mecânico.  
Sentido do rotação: para a direita Visto do lado do accionamento.

#### Flanges

Aspiração axial e impulsão radial lateral DIN-2532 PN-10.  
Sob pedido ANSI 150 Lb.

#### Pressão de trabalho

Execução em F.Fundido, a pressão de prova estática e 1,5 vezes a pressão dinâmica.  
Pressão mínima de prova 6 Kg/cm<sup>2</sup>.  
Para pressões de prova superiores, e sob pedido, execuções em fundição nodular.

#### Materiais

Todas as bombas podem ser fabricadas total ou parcialmente em F. Fundido nodular, bronze, ni-resist, aços inoxidáveis, hastelloy, ou qualquer tipo de liga metálica.

#### Variantes de execução

As bombas ZS podem ser fabricadas para água sobreaquecida até 180°C e fluidos diversos desde -70°C até 300°C.

#### Limits and characteristics

Volumes of flow until 5.000 m<sup>3</sup>/h.  
Heads until 85 meters.  
Speed 1500/1000/750 r.p.m.  
Temperature from -30°C until +105°C.  
Packing or mechanical seal.  
Direction of rotation: To the right when looking at the motor.

#### Flanges

Axial suction and radial discharge  
DIN 2532 PN-10.  
On request ANSI 150 Lb.

#### Working pressure

Made of Cast Iron, the static test pressure is 1,5 as large as dynamic pressure.  
Minimum test pressure 6 Kg/cm<sup>2</sup>.  
For larger test pressures and on request, made of Nodular Casting.

#### Materials

All pumps can be made total or partially of Cast Iron, Steel, Bronze, Stainless Steel, Hastelloy or any type of metallic alloy.

#### Applications

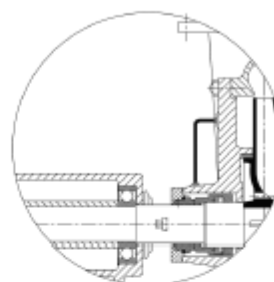
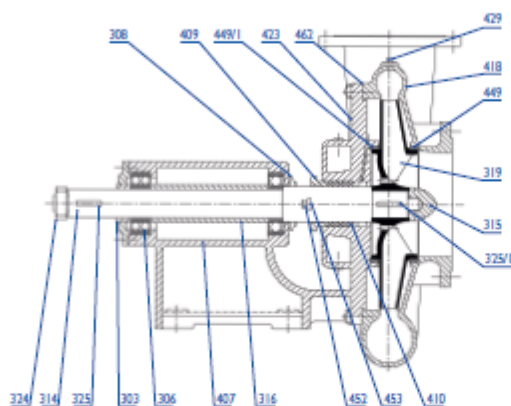
General supply, conditioning, system of fire, irrigation, multiple services and fluids.

**Bombas Zeda**



DESPIECE DE LAS BOMBAS PEÇAS DAS BOMBAS SECTIONED PUMPS DRAWING

## SERIE ZS-ZSR



Ejecución con cierre mecánico.  
Execução com empanque mecânico  
Execution with mechanical seal.

Bajo demanda  
Sob pedido  
On request

MARCA	DENOMINACION	DENOMINAÇÃO	DENOMINATION	DIN	ASTM	UNE
303	Casquillo acoplamiento	Casquillo acoplamento	Coupling sleeve	GG-25	A-48-CL308	F-812
306	Rodamiento	Rolamento	Roulement	—	—	—
308	Lanzagotas	Anel respingo	Deflector ring	Neopreno	Neopreno	Neopreno
314	Eje	Velo	Shaft	CK-45	A-108-1045	F-114
315	Tuerca bellota	Porca vela	Nut	CK-60	A-108-1055	F-115
316	Casquillo rodamiento	Casquillo rolamento	Bearing sleeve	GG-25	A-48-CL308	F-812
319	Impulsor	Impulsor	Impeller	GG-25	A-48-CL308	F-812
324	Tuerca de acoplamiento	Porca acoplamento	Coupling nut	CK-60	A-108-1055	F-115
325	Chaveta acoplamiento	Chaveta acoplamento	Coupling key	CK-60	A-108-1055	F-115
325/1	Chaveta impulsor	Chaveta impulsor	Impeller key	CK-60	A-108-1055	F-115
*334	Camisa	Camisa velo	Shaft sleeve	X210 Cr 12	—	F-512
404	Tapa rodamiento	Tampa rolamento	Couvercle de roulement	GG-25	A-48-CL308	F-812
405	Engrasador	Gracoz	Gratssaur	—	—	—
407	Soporte rodamientos	Suporte rolamento	Bearing housing	GG-25	A-48-CL308	F-812
409	Prensaestopas	Bucim	Packing gland	GG-25	A-48-CL308	F-812
410	Empaquetadura	Empanque	Packing	—	—	—
418	Cuerpo de bomba	Corpo bomba	Pump casing	GG-25	A-48-CL308	F-812
423	Tapa cuerpo de bomba	Tampa bucin	Pump casing cap	GG-25	A-48-CL308	F-812
429/1	Tapón	Taco	Plug	—	—	—
*449	Aro desgaste aspiración	Anel desgaste aspiração	Suction wear ring	G-Sn Bz 10	B-143	C-311
*449/1	Aro desgaste impulsión	Anel desgaste compressão	Discharge wear ring	G-Sn Bz 10	B-143	C-311
452	Espárrago prensaestopas	Perno bucin	Packing gland stud bolt	X 40 Cr 13	A-276-T420	F-312
453	Tuerca prensaestopas	Porca bucin	Packing gland nut	CK-60	A-108-1055	F-115
458	Junta cuerpo	Junta corpo	Casing gasket	—	—	—
462	Junta soporte	Junta suporte	Housing gasket	Klinger	Klinger	Klinger
458/1	Junta rodamiento	Junta tampa rolamento	Bearing gasket	Klinger	Klinger	Klinger

\* Bajo demanda / Sob pedido / On request

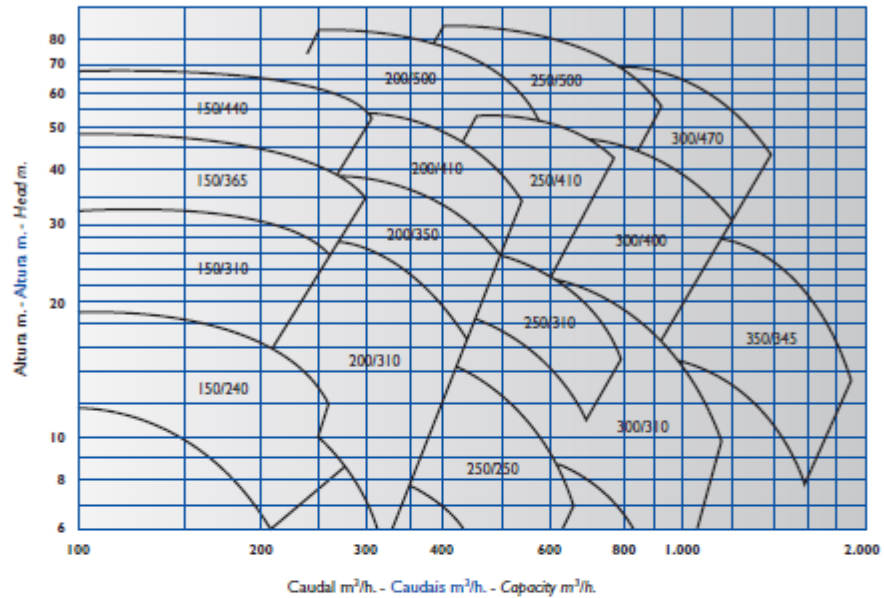
**Bombas Zeda**



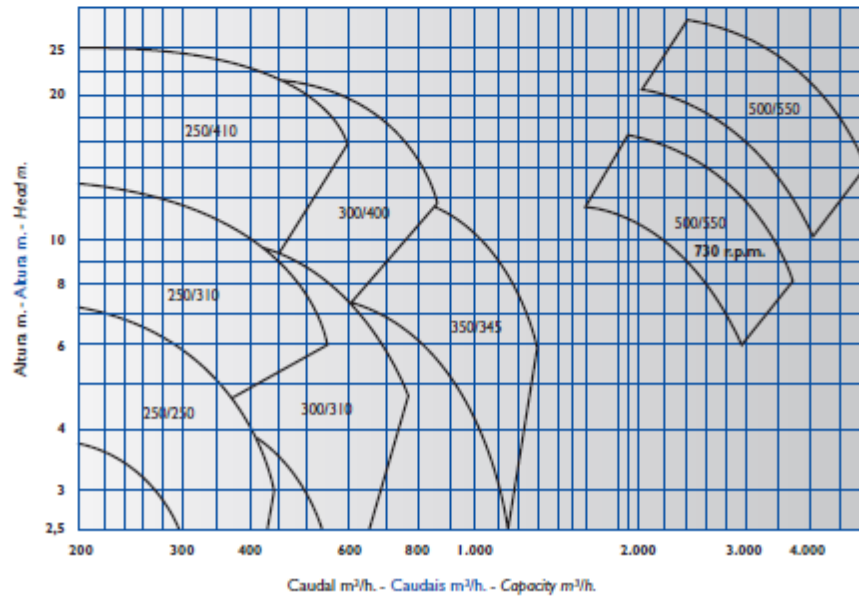
CAMPO DE APLICACION CAMPO DE APLICAÇÃO SELECTION CHART

## SERIE ZS-ZSR

1.450 r.p.m./t.p.m.



960 r.p.m./t.p.m.

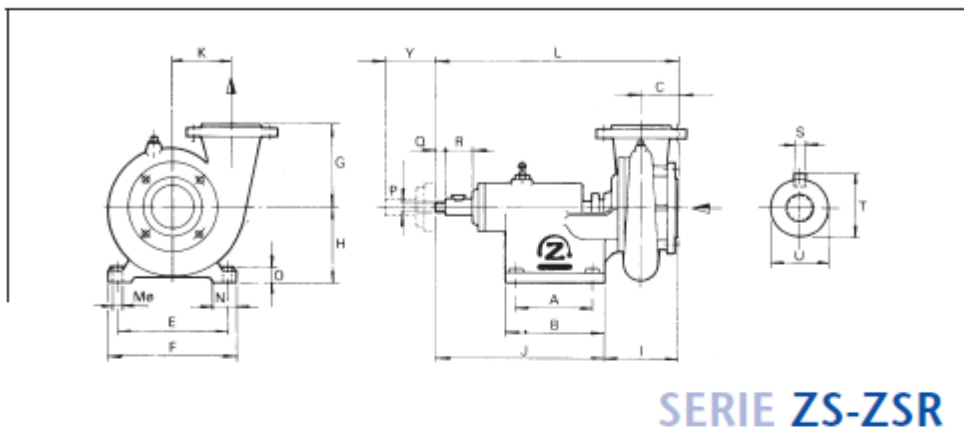




**Bombas Zeda**



DIMENSIONES: BOMBAS EJE LIBRE    DIMENÇÕES: BOMBAS EJE LIBRE    DIMENSIONS: BARE SHAFT PUMPS



**SERIE ZS-ZSR**

TIPO TIPO TYPE	DIN-2532 PN-10		DIMENSIONES / DIMENÇÕES / DIMENSIONS																				Peso Peso Weight Kg.					
	Ø Asp. Asp. Suct.	Ø Imp. Imp. Ref.	BOMBA BOMBA PUMP								ANCLAJE SUPORTE ANCHORAGE								(I) Y	EJE EJE SHAFT		DIN-885 CHAVETERO CHAVETERO KEWAY						
			C	G	H	I	J	K	L	A	B	E	F	M	N	O	Prg	Q		R	U	S		T				
ZS-150/240	150	150	142	220	160	224	346	200	570	155	200	270	315	15	60	45	140	1/2"	22	57	30	8	33	99				
ZS-150/310	150	150	100	265	185	227	388	210	615	195	230	300	360	18	70	45	140	1/2"	22	65	35	10	38	145				
ZS-150/365	150	150	121	310	200	248	438	252	686	200	255	350	415	19	60	45	140	3/4"	22	80	45	14	49	190				
ZS-150/440	150	150	125	340	270	267	528	285	795	240	300	430	495	21	100	55	140	3/4"	25	85	55	16	59	285				
ZS-200/310	200	200	145	270	200	297	438	230	735	200	255	350	415	19	60	45	180	3/4"	22	80	45	14	49	193				
ZS-200/350	200	150	135	310	200	282	438	260	720	200	255	350	415	19	60	45	180	3/4"	22	80	45	14	49	200				
ZS-200/410	200	200	135	360	270	292	528	280	820	240	300	430	495	21	100	55	180	3/4"	25	85	55	16	59	270				
ZS-200/500	200	150	135	400	270	284	528	329	812	240	300	430	495	21	100	55	140	3/4"	25	85	55	16	59	310				
ZS-250/250	250	200	225	280	200	380	438	245	812	200	255	350	415	19	60	45	180	3/4"	22	80	45	14	49	215				
ZS-250/310	250	250	170	300	200	347	438	280	785	200	255	350	415	19	60	45	180	3/4"	22	80	45	14	49	228				
ZS-250/410	250	200	150	360	270	315	528	305	843	240	300	430	495	21	100	55	180	3/4"	25	85	55	16	59	325				
ZS-250/500	250	200	150	405	295	335	621	340	956	310	365	480	555	23	110	45	200	3/4"	25	120	70	20	75	525				
ZS-300/310	300	250	275	330	270	479	528	330	1.007	240	300	430	495	21	100	55	350	3/4"	25	85	55	16	59	380				
ZS-300/400	300	300	150	430	270	329	528	320	857	240	300	430	495	21	100	55	200	3/4"	25	85	55	16	59	360				
ZS-300/470	300	300	168	455	295	370	621	350	991	310	365	480	555	23	110	45	200	3/4"	25	120	70	20	75	525				
ZS-350/345	350	300	272	425	295	492	621	347	1.113	310	365	480	555	23	110	45	400	3/4"	25	120	70	20	75	625				
ZS-500/550	500	500	550	580	675	750	1.030	525	1.280	480	600	905	1.025	30	140	60		1 1/2"	45	110	72	20	78	1.240				

Dimensiones aproximadas en mm / Dimensões aproximadas em mm / Approximate dimensions in mm

(I) Españador / (I) Espaçador / (I) Spacer

BOMBAS ZEDA, S.A. se reserva el derecho de efectuar las modificaciones que estime oportunas sin previo aviso.

BOMBAS ZEDA, S.A. reserva-se o direito de efectuar as modificações que achar oportunas sem aviso prévio.

BOMBAS ZEDA, S.A. reserve the right to make any modifications considered suitable without prior notice.

© 1998 Bombas Zeda S.A.  
 BZS-115212  
 BZS  
 (Imp. Legal 10-2104-07)

L. Bomba de lavado químico.



**SERIES ZJ-ZK**

**BOMBAS CENTRIFUGAS MULTICELULARES**  
**MULTISTAGE CENTRIFUGAL PUMPS**  
**POMPES CENTRIFUGES MULTICELLULAIRES**



**SERIE ZJ**



**SERIE ZK**

**Límites y características**

Caudales hasta 1.500 m<sup>3</sup>/hora.  
Alturas hasta 400 metros.  
Velocidades 3.000/3.600 r.p.m.  
Temperatura -30 °C hasta +105 °C.  
Cierres del Eje: Empaquetadura o cierre mecánico opcionalmente.  
Sentido de giro: A derechas visto desde el accionamiento.

**Bridas**

Aspiración axial e impulsión radial superior con bridas DIN-2533 PN-16 en la serie ZJ.  
Aspiración e impulsión radial con bridas DIN-2533 PN-40 en la serie ZK.  
Bajo demanda ANSI 150, 300 ó 600 Lb ó BS.

**Materiales**

Todas las bombas pueden fabricarse total o parcialmente en H<sup>o</sup> F<sup>o</sup>, Nodular, Bronce, Ni-Resist o Acero Inoxidable.

**Variantes de ejecución**

Las bombas pueden fabricarse para agua sobrecalentada hasta 180 °C y fluidos diversos desde -70 °C hasta 300 °C.

**Aplicaciones**

Abastecimientos. Riegos. Industria y minería. Obras públicas y transvases. Plantas potabilizadoras. Contraincendios. Servicios y fluidos.

**Límites y características**

Volumen de flujo until 1.500 m<sup>3</sup>/h.  
Heads until 400 meters.  
Speed 3.000/3.600 r.p.m.  
Temperature from -30 °C until +105 °C.  
Packing or mechanical seal.  
Direction of rotation: To the right when looking at the motor.

**Flanges**

In ZK serie radial suction and discharge with DIN-2533 and PN-40 flanges.  
In ZJ serie axial suction and upper radial discharge with DIN-2533 PN-16 flanges.  
On request ANSI 150, 300, 600 Lb ó BS.

**Materials**

All pumps can be made total or partially of Cast Iron, Nodular, Bronze, Ni-Resist or Stainless Steel.

**Making variants**

The pumps can be made for superheated water until 180 °C and several fluids since -70 °C until 300 °C.

**Applications**

Water Supplies. Irrigation. Industry and Mining. Public works and transvases. Potable plants. Fire protection system. Several services and fluids.

**Límites et caractéristiques**

Débits jusqu'à 1.500 m<sup>3</sup>/h.  
Hauteurs jusqu'à 400 m.  
Vitesse 3.000/3.600 tr/mn.  
Température de -30 °C à +105 °C.  
Garniture à tresses ou mécanique.  
Sens de rotation horaire en regardant le moteur.

**Raccordement**

Aspiration axiale et impulsion radial supérieure avec brides DIN-2533 PN-16 dans la série ZJ.  
Aspiration et impulsion radial avec brides DIN-2533 PN-40 en la série ZK.  
Sous demande ANSI 150, 300, 600 Lb ou BS.

**Matériaux**

Toutes les pompes peuvent être fabriquées total ou partiellement en Ft, Nodulaire, Bronze, Ni-Resist ou Acier inoxydable.

**D'autres exécutions**

Les pompes peuvent être fabriquées en exécution spéciale pour l'eau surchauffée jusqu'à 180 °C et pour fluides divers de -70 °C à 300 °C.

**Applications**

Approvisionnement. Irrigations. Industrie et exploitation. Travaux publics et transvaseement. Plants potables. Pour les incendies. Services et fluides divers.



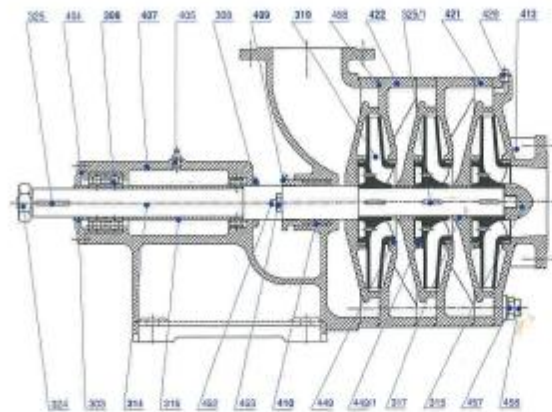


**Bombas Zeda**

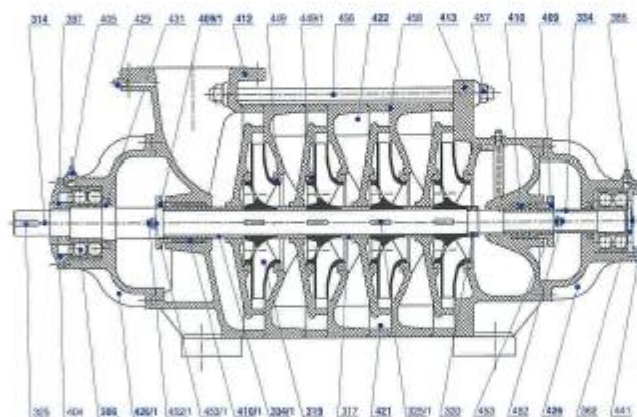
DESPIECE DE LAS BOMBAS

SECTIONED PUMPS: DRAWING

DETACHEMENT DES POMES



**SERIE ZJ**



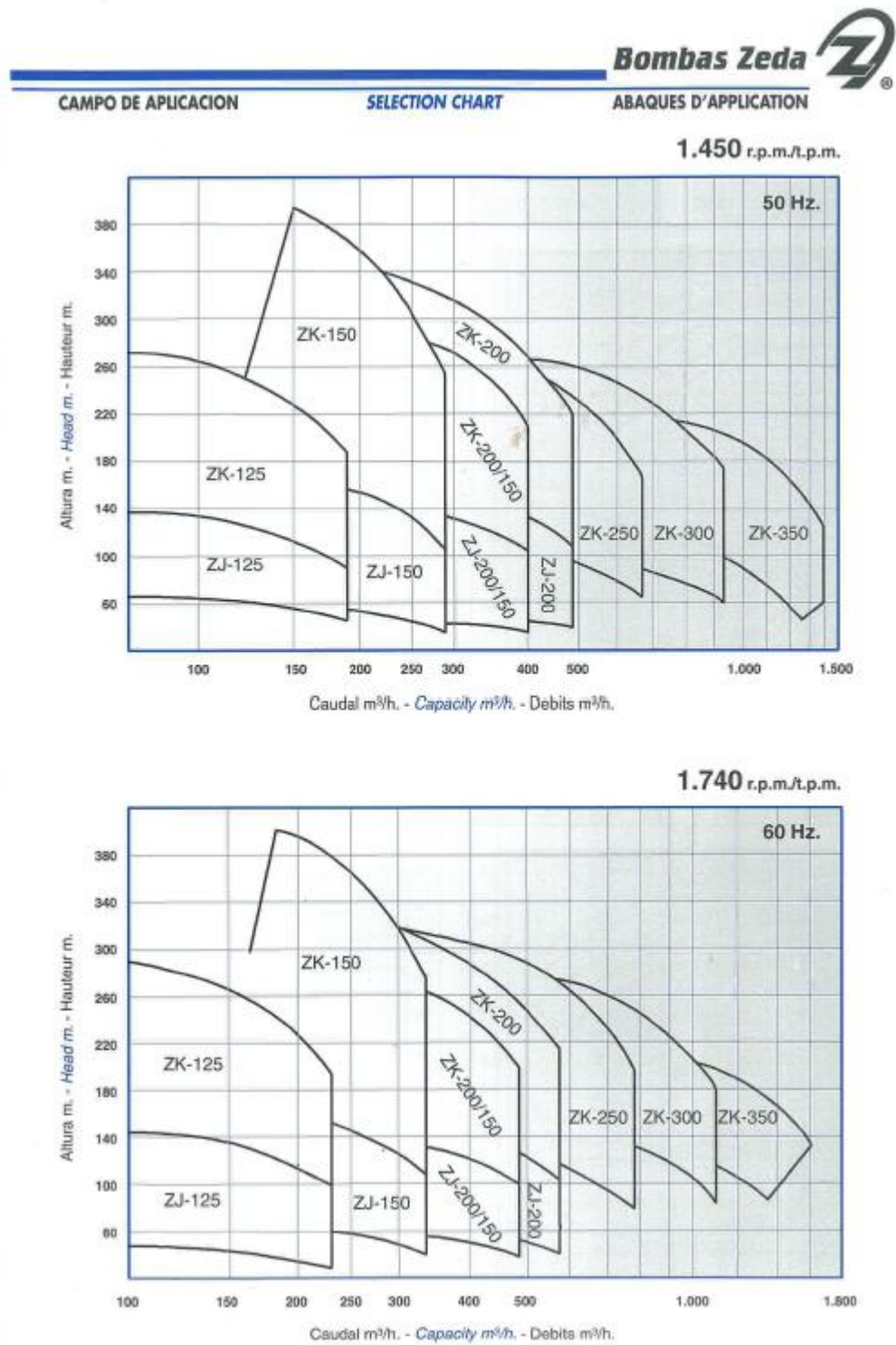
**SERIE ZK**

Nº	DENOMINACION	DENOMINATION	DENOMINATION	MATERIALES / MATERIALS / MATERIAUX (STANDARD)
306	Rodamientos	Bearings	Roulement	Standard
314	Eje	Shaft	Arbre	(2) Acero inox. / S. Steel / Acier Inox
319	Impulsor	Impeller	Roue	(1) H. <sup>o</sup> F. <sup>o</sup> / Cast Iron / Fonte
334	Camisas Eje	Shaft Sleeves	Chemises D'Abre	(3) Bronce / Bronze / Bronze
407	Soportes Rodamiento	Bearing Housings	Pallers	(1) H. <sup>o</sup> F. <sup>o</sup> / Cast Iron / Fonte
409	Prensa-Estopas	Packing Gland	Presse-Étoupée	(1) H. <sup>o</sup> F. <sup>o</sup> / Cast Iron / Fonte
410	Empaquetaduras	Packings	Tresses	Standard
412	Tapa Impulsión	Discharge Cover	Couvercle Refoulement	(1) H. <sup>o</sup> F. <sup>o</sup> / Cast Iron / Fonte
413	Tapa Aspiración	Suction Cover	Couvercle D'Aspiration	(1) H. <sup>o</sup> F. <sup>o</sup> / Cast Iron / Fonte
421	Difusor	Diffuser	Diffuser	(1) H. <sup>o</sup> F. <sup>o</sup> / Cast Iron / Fonte
422	Intermedia	Stage	Étape	(1) H. <sup>o</sup> F. <sup>o</sup> / Cast Iron / Fonte

(1) (DIN GG-25) (ASTM A-48-CL308)

(2) (DIN X20Cr13) (ASTM A-276-T420)

(3) (Cu Al10Ni) (ASTM CA-955)

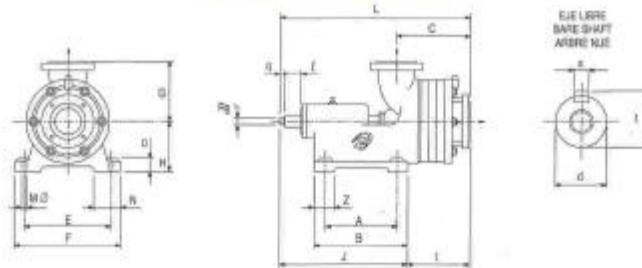


# DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA



**Bombas Zeda**

**DIMENSIONES: BOMBAS EJE LIBRE    DIMENSIONS: BARE SHAFT PUMPS    DIMENSIONS: POMPES ARBRE NU**

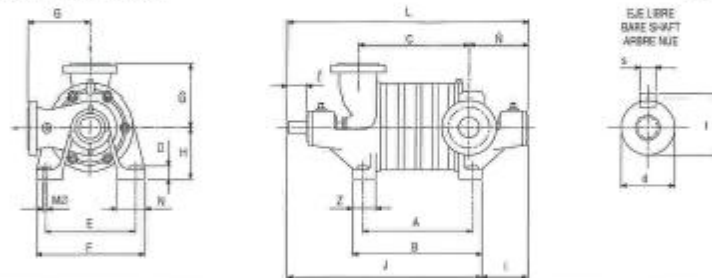


**SERIE ZJ**

TIPO TYPE	DIN PN-16		C	I	L	(1) mm.	A	B	E	F	J	H	G	Ø M	N	O	Z	EJE SHAFT ARBRE				DIN 6885 CHAVETA KEY CLAVETTE		PESO WEIGHT PODS	(1) Kgs.
	ASP. SUCT. Ø	IMP. DIS. REF. Ø																f	a	Rg	d	t	s		
ZJ-125/2	125	125	318	243	697	101	255	370	385	440	594	250	270	18	100	40	60	75	25	3/4"	50	53,5	14	270	80
ZJ-150/2	150	150	445	365	1.152	128	360	480	505	550	787	310	360	21	110	70	110	110	35	1 1/8"	70	74,5	20	485	145
ZJ-200/150/2	200	150	457	377	1.164	152	360	480	505	550	787	310	360	21	110	70	110	110	35	1 1/8"	70	74,5	20	465	125
ZJ-200/2	200	200	493	403	1.208	164	360	480	505	550	808	310	360	21	110	70	110	127	35	1 1/8"	75	79,5	20	575	190

(1) Aumento o disminución por etapa  
Increase or decrease for stage  
Augmentation o diminution par étape

Dimensiones aproximadas en mm.  
Approximate dimensions in mm.  
Dimensions approx. en mm.



**SERIE ZK**

TIPO TYPE	DIN PN-10		A	B	C	J	L	(1) mm.	E	F	H	I	G	Ø M	N	R	O	Z	EJE SHAFT ARBRE		DIN 6885 CHAVETA KEY CLAVETTE		PESO WEIGHT PODS Kgs.	(1) Kgs.
	ASP. SUCT. Ø	IMP. DIS. REF. Ø																	d	f	t	s		
ZK-100/4	100	100	500	500	474	920	1.149	95	500	560	280	229	330	18	80	275	36	100	52	76	96	16	490	65
ZK-125/4	125	125	507	507	500	989	1.184	101	500	560	280	215	330	18	80	282	36	100	52	76	96	16	600	80
ZK-150/4	200	150	676	776	690	1.246	1.549	128	600	700	355	303	400	23	110	344	60	150	80	130	85	22	1.150	145
ZK-200/150/4	200	150	740	840	754	1.510	1.613	152	600	700	355	303	400	23	110	344	60	150	80	130	85	22	1.075	125
ZK-200/4	250	200	813	913	848	1.580	1.726	164	620	720	355	333	410	23	120	353	70	160	86	130	91	25	1.320	180
ZK-250/200/3	250	200	863	963	898	1.643	1.576	172	620	720	355	333	410	23	120	353	70	160	86	130	91	25	1.100	175

TIPO TYPE	DIN PN-25		A	B	C	J	L	(1) mm.	E	F	H	I	G	Ø M	N	Ñ	O	Z	EJE SHAFT ARBRE		DIN 6885 CHAVETA KEY CLAVETTE		PESO WEIGHT PODS	(1) Kgs.
	ASP. SUCT. Ø	IMP. DIS. REF. Ø																	d	f	t	s		
ZK-300/2	300	300	570	690	620	1.275	1.615	200	780	880	410	340	500	27	150	389	70	180	105	155	111	28	1.370	270
ZK-350/2	350	350	606	736	726	1.547	1.694	212	800	940	450	347	500	33	170	357	77	200	105	155	11	28	1.500	260

(1) Aumento o disminución por etapa  
Increase or decrease for stage  
Augmentation o diminution par étape

Dimensiones aproximadas en mm.  
Approximate dimensions in mm.  
Dimensions approx. en mm.

BOMBAS ZEDA, S.A. se reserva el derecho de efectuar las modificaciones que estime oportunas sin previo aviso.  
BOMBAS ZEDA, S.A. reserve the right to make any modifications considered suitable without prior notice.  
BOMBAS ZEDA, S.A. se réserve le droit d'effectuer les modifications considérées opportunes sans préavis.

498021

0005

## M. Bombas dosificadoras.

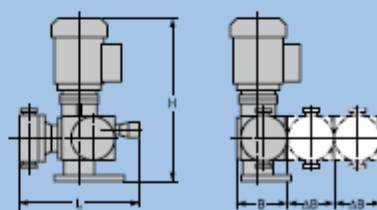
### A quick overview: Technical data for the LEWA ecodos

#### LEWA ecodos – Technical data

Type/ Flow rate eff. (Qmax at pmx)	2	4	6	12	25	50	90	180	350	550	750	1100	1500	l/h
Stroke frequency at 50 Hz	27	54	80	160	80	160	80	160	160	145	113	170	228	min.-1
Performance, simplex pump	0,18	0,25	0,18	0,25	0,18	0,25	0,37	0,55	0,55	0,75	0,75	1,5	1,5	kW
Approx. weight (simplex incl. motor)	15	15	15	15	15	15	23	23	30	60	76	76	76	kg
<b>Version S, stainless steel 1.4571 (316Ti) pump head</b>														
Operating pressure	20	20	20	20	10	10	10	10	7,5	7,5	5	5	5	bar
Permissible operating temperature	-10/+80													°C
Valve type	Ball valve												Plates	
Standard connections	G3/8" FT						G1/2" FT		DN25/PN40 flanges					
Optional connections	Dairy pipe screw joint, Triclamp, DIN + ANSI flanges													
<b>Version P, PVC-H pump head</b>														
Operating pressure	12	12	12	12	10	10	10	10	7,5	7,5	5	5	5	bar
Permissible operating temperature	0/+60													°C
Valve type	Ball valve												Plates**	
Standard connections	Hose/Bushing Ø 12				Hose/Bushing Ø 20				DN25/PN40 flanges					
Optional connections	DIN + ANSI flanges													
<b>Version F, PVDF fluorinated plastic pump head</b>														
Arbeitsdruck	12	12	12	12	10	10	10	10	7,5	7,5	5	5	5	bar
Permissible operating temperature	-10/+80													°C
Valve type	Ball valve												Plates**	
Standard connections	G3/8" FT				Hose/Bushing Ø 20				DN25/PN40 flanges					
Optional connections	DIN + ANSI flanges													
PTFE sandwich diaphragm Ball valves with oxide ceramic ball, Gylon or PTFE seal rings ** Hastelloy valve springs FT – female thread														

#### LEWA ecodos – Assembly dimensions

LEWA ecodos type	L [mm]	B [mm]	ΔB [mm]	H [mm]
2 - 50	360	220	85	480
90 - 350	425	220	120	570
550	595	270	175	680
750 - 1500*	500	400	—	800
750 - 1500*	500	900	250	450



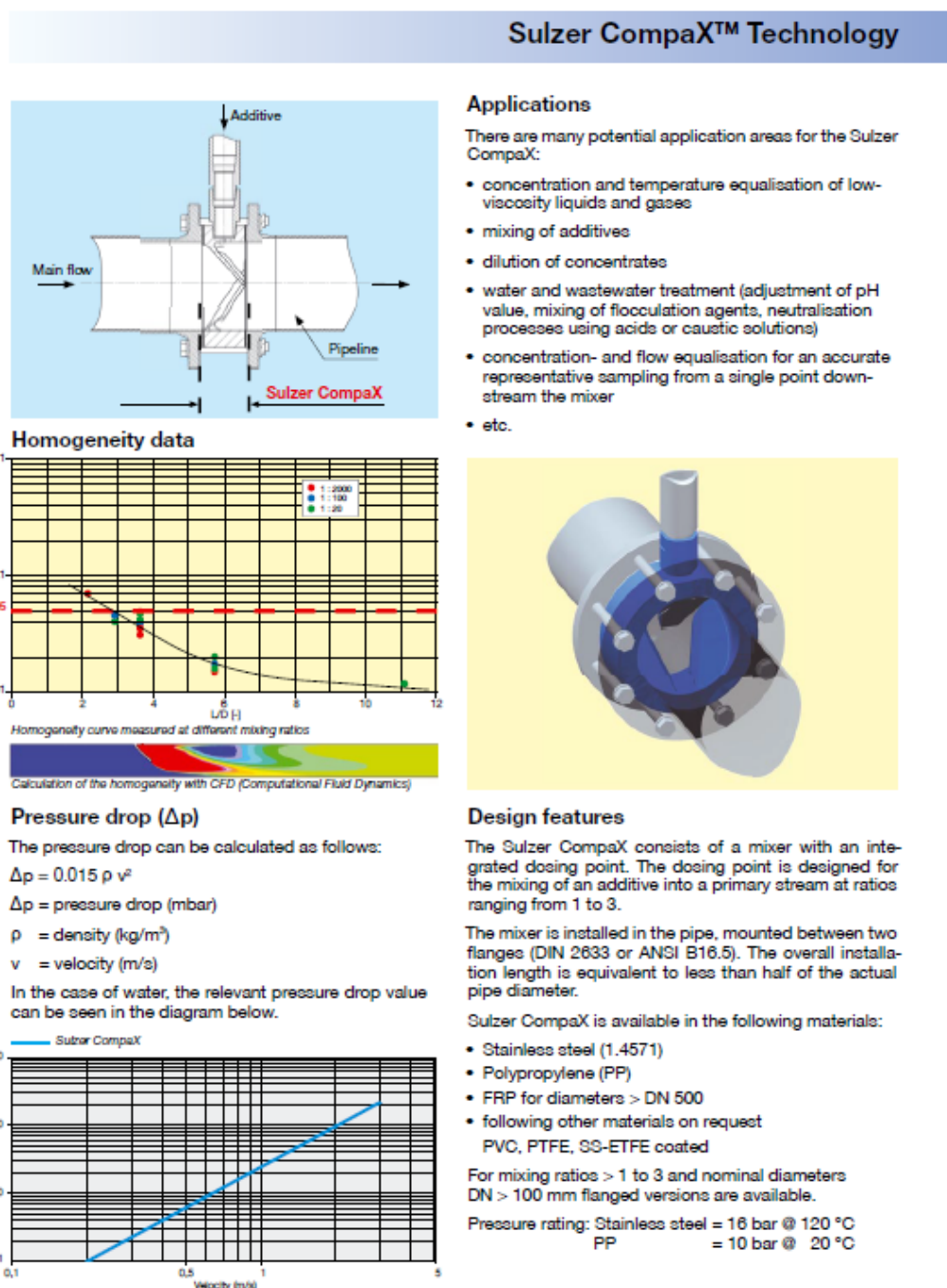
\*1 = Vertical motor assembly

\*2 = Horizontal motor assembly (for multiplex pumps or simplex pumps with attachments)  
(electrical stroke actuator and/or contactor)


The dimensions differ depending on the fitted pump head, the motor and the instrumentation



## N. Mezclador estático.



## O. Agitadores.



**FluidMix**  
Effective Mixing

**HPS3 SERIES**


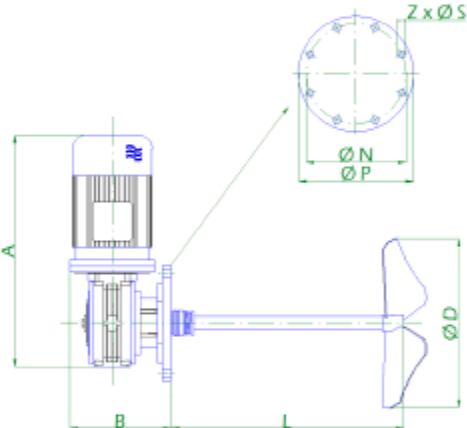
The HPS3 series are side entry mixers. They are very appreciate in wine industry, breweries, dairies, and mainly in big volume storage tanks from 10 to 500 m3, or even more, to keep non viscous liquids homogenously. A mechanical seal, normally silicon carbide/viton, ensures a leakage free work. The propeller is a 3 blades axial profile type S. Standard execution has a stainless steel DIN fixation flange. As option the mixer can be performed with an additional emergency sealing flange to avoid liquid leakages in case of any damage in the mechanical seal, until the seal can be repaired. A more sophisticated system, allows to do maintenance works (sealing change) without the need of emptying the tank.

Main features:

- For tanks 10 – 500 m3.
- Motor power: 0,75 kW to 11 kW.
- Running speed 290 rpm.
- 2 blades axial profile diameters 300 to 600 mm.
- Silicon carbide mechanical seal.
- Shaft and propeller AISI 316, AISI 304.

Optional extras:

- Emergency sealing flange.
- Full tank maintenance device.
- Food industry execution, polished.
- ATEX motors.
- ANSI flanges.

Model	Power kW	Speed rpm	A	B	D	L	N	P	ZxS	Weight Kg	Vol. M3
HPS3-03 17 B 01	0,37	290	336	162	250	450	295	340	8x23	32	10
HPS3-05 17 B 02	0,75	290	380	192	300	450	295	340	8x23	40	20
HPS3-06 17 B 03	1,1	290	471	211	350	500	295	340	8x23	50	30
HPS3-08 17 B 04	2,2	290	510	261	400	550	295	340	8x23	60	50
HPS3-09 17 B 05	3	290	546	360	450	600	295	340	8x23	75	100

Dimensions in mm. (\*) Tank volumes only for guidance.

Due to our policy of constant improvement, shown values can be changed.

Tineo, 17 • 28031 Madrid (Spain) • Tel: + 34 91 170.19.24 • sales@fluidmix.es

V2.2012

## P. Válvula reductora de presión.

Ver. 1.0 16 feb. 2007

AGUAS LIMPIAS

### VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN

MODELO: 40 WR

MARCA: ROSS

#### MODELO BASE:

- Cuerpo en globo.
- Válvula hidráulica automática sin aporte energía eléctrica
- Pistón de flotación libre, triple sujeción, sin muelles internos ni diafragmas.
- Varilla indicadora del grado de apertura.
- Diámetros: de 100 hasta 1000 mm.
- Orificios de comprobación de presiones.
- Unión brida PN 16, PN 25, PN 40
- Desplazamiento del pistón por cueros
- No hay rozamiento metal-metal
- Válvula modulante; paso total (diámetro de asiento igual al de entrada)
- Presión mínima de servicio: 3,5 mca



#### DESCRIPCIÓN:

- Ross Valve Mfg. Co. desarrolló las válvulas pilotadas hidráulicas a finales del siglo XIX.
- Su sistema de funcionamiento se basa en la cantidad de agua en la Cámara Superior cuya salida está controlada por el piloto.
- El piloto reductor permite controlar la apertura y cierre de la válvula en función de la presión de salida, manteniéndola constante independientemente del caudal y de la presión de entrada

#### MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN (hasta 25 bar, según diámetro):

- Cuerpo y Tapa: Fundición ASTM A 126 clase B
- Partes internas: Bronce ASTM B62
- Asiento: Poliuretano
- Recubrimiento: Epoxy en frío especial para agua potable

#### OPCIONES:

- Cuerpo y tapa: Acero carbono o Bronce
- Partes internas: AISI 316
- Funciones adicionales tales como cierre lento, apertura diferida, control eléctrico, finales de carrera
- Timbrajes mayores PN 40, PN 64

#### FUNCIÓN:

- La válvula controla la presión de salida manteniéndola constante independientemente de la presión de entrada o del caudal de circulación. En caso de caudal nulo, la válvula debe permanecer cerrada.
- La relación máxima entre la presión de entrada y de salida se rige por la curva de cavitación.
- El disco parabólico del asiento permite controlar una amplia gama de caudales.

Tlf.: 914900560 Fax.: 914900562  
Correo-e: tecnica@valvulasross.es

Calle Torres Quevedo, nº9  
Alcobendas 28108 (M)



FICHA TÉCNICA

Ver. 1.0 16 feb. 2007

#### Especificaciones Técnicas de la válvula reductora-reguladora modelo 40 WR

##### Diseño:

La válvula será de cuerpo en globo, con pistón vertical para facilitar su extracción y montaje durante el mantenimiento. Tendrá una varilla indicadora de posición del pistón externa y palpable. El pistón será de flotación libre, sin diafragmas, membranas ni muelles internos; estará guiado en 2 puntos distanciados al menos un 150% del diámetro nominal de la válvula para evitar su acodamiento. El pistón tendrá un asiento parabólico, diseño óptimo para válvulas de modulación, sin aristas ni coronas ni zonas de desgaste pronunciado. Además el pistón empleará rascadores de cuero en lugar de juntas tóricas en sus zonas de fricción para asegurar una estanquidad óptima de las cámaras internas. Las camisas de guiado del pistón serán de bronce o de acero inoxidable, en ningún caso de plásticos ni resinas.

La válvula será pilotada, con tubos de control externos rígidos, metálicos no oxidables y al menos de 1/2" de diámetro. Estos tubos no estarán plegados, sino que irán roscados. El piloto, la válvula de aguja y el filtro serán de fundición de bronce. La válvula de aguja tendrá un cierre seguro para evitar manipulaciones accidentales.

##### Funcionamiento:

En su función de válvula reductora-reguladora de presión de salida, deberá mantener automáticamente agua abajo la presión preseleccionada, independientemente de las variaciones de presión agua arriba y de caudal. Esto se consigue al regular el piloto las distintas posiciones del pistón, sin causar golpes de ariete, fluctuaciones ni pérdidas de agua. La regulación podrá hacerse fácilmente in-situ, actuando sobre un tornillo de regulación. La válvula llevará válvulas de bola en los tubos de control que permitirán la actuación manual sobre la misma; se podrá cerrar, abrir o dejar bloqueada en una posición intermedia actuando sobre dichas llaves.

##### Propiedades Físicas y Químicas:

La válvula deberá cumplir las normas establecidas (PN 10, 16, 25 o ASA 125, 250) en cuanto a bridas y espesores del cuerpo y tapas de la válvula. La válvula deberá ser construida de hierro de fundición gris de primera calidad, libre de repliegues fríos, puntos defectuosos o esponjosos y cumplirá la norma ASTM A-126 clase B. Las partes de bronce deberán una resistencia a la tracción mínima de 2800 kg/cm<sup>2</sup>, y cumplir la norma ASTM B-62.

##### Ensayos:

La válvula terminada deberá ser ensayada en fábrica. Estos ensayos pueden ser observados por el cliente.

**Prueba del cuerpo:** con la válvula parcialmente abierta y los controles aislados la válvula deberá soportar una presión interna hidrostática equivalente a dos veces la máxima presión de diseño de la válvula durante no menos de 5 minutos.

**Prueba hidrostática:** con la válvula cerrada y los controles en posición de funcionamiento, la válvula se someterá a una presión 1,5 veces su presión nominal por lo menos durante 5 minutos.

**Pruebas de estanquidad del asiento:** la válvula cerrada deberá soportar la presión máxima de cierre durante la menos 5 minutos.

**Pruebas de ajuste y funcionamiento:** el piloto reductor estará ajustado a la presión a mantener agua abajo según las especificaciones del cliente (si son conocidas al hacer el pedido), pero se puede modificar en la instalación, dentro de un rango.

##### Almacenaje de datos:

El fabricante mantendrá los datos de construcción y regulación de todas las válvulas fabricadas asignando a cada una de ellas un único número de serie. Este número permitirá acceder a toda la información referente a la válvula en cualquier momento, independientemente de la antigüedad de ésta.

##### Imprimación:

Todas las partes de hierro fundido irán cubiertas con al menos dos capas de pintura epoxy, aprobada por NSF (National Sanitation Foundation de EEUU) para uso alimentario.

##### Denominación:

La válvula será similar al **modelo 40 WR** de la casa ROSS VALVE Mfg. Co.

Tlf.: 914900560 Fax.: 914900562  
Correo-e: tecnica@valvulasross.es

Calle Torres Quevedo, nº9  
Alcobendas 28108 (M)





## Q. Filtros para válvula reductora de presión.


**TIPO ROSS 10A**

**Descripción:**  
 Diámetros: 4" (100mm) - 48" (1200mm)  
 Localización: En la tubería antes de una válvula  
 Usos: Proteger la tubería y las válvulas de objetos ajenos dañinos  
 Tamiz: Cilíndrico con perforaciones de acero inoxidable  
 Conexiones: Brides  
 Materiales: Cuerpo de hierro fundido, tamiz de acero inoxidable

**Opciones:**  
 Grifo para limpieza  
 Válvula para limpieza  
 Brides para PN16/25 o 125/250 libras  
 Cuerpo en bronce, hierro nodular, o acero inoxidable  
 Tamiz en bronce

**Funcionamiento:**  
 La malla está localizada en la parte superior del filtro.  
 El agua y los desechos entran por la parte de debajo de la malla cilíndrica y solo el agua pasa a través de las paredes del cilindro.  
 Aquellos objetos que no pueden pasar a través de los agujeros de la malla ( $\frac{7}{16}$ " , 5 o 8 mm) no pasan a través del cilindro, donde, si no hay turbulencia, se depositan en el fondo.

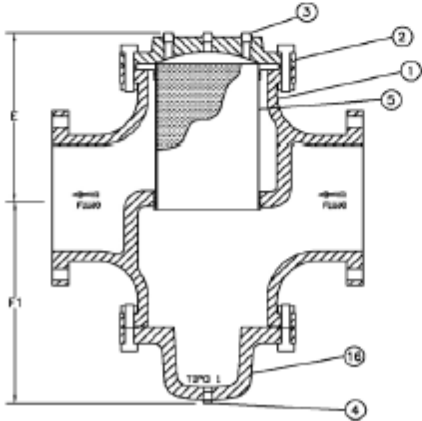
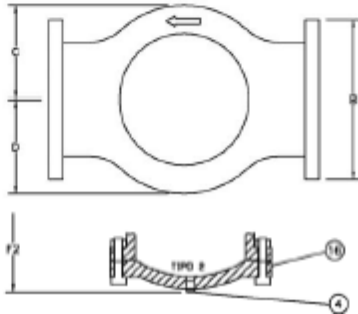
Partes		
1	Cuerpo	Fundición Gris
2	Tapa Superior	Fundición Gris
3	Tapón 1/2" NPT	Fundición Gris
4	Tapón, NPT Diámetro variable	Fundición Gris
5	Malla y refuerzo	Acero Inoxidable
16	Tapa inferior y cámara de sedimentos	Fundición Gris




**Aplicación Esencial:**  
 Proteger la tubería, válvulas y cualquier otro dispositivo en la línea de distribución de partículas, objetos y desechos no deseados.

DN	PESO	DIMENSIONES (para PN 16)				
		mm	kg	A	B	C=D
100	107	356	229	121	178	305
150	170	451	279	168	229	381
200	313	610	343	222	318	559
250	418	632	406	254	362	584
300	624	762	483	305	394	584
350	804	870	533	356	457	737
400	1090	962	597	381	546	787
450	1498	1064	635	467	610	838
500	1612	1076	699	467	610	889
600	2361	1194	813	508	635	940
750	5902	1619	984	667	864	1270
900	7264	1651	1168	667	864	1270

**Precaución:** La malla debe ser retirada ocasionalmente para ser inspeccionada y para limpiarla.



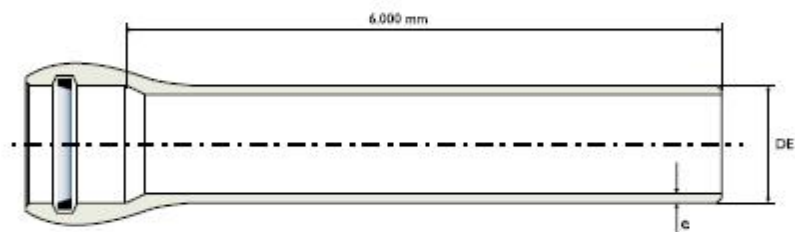
Válvulas Automáticas Ross S.A.    Telf +34 91 490 05 60    info@mistralaross.com    Filtro V 2.1 29 años 12

## R. Tuberías de PRFV.



### 9. Tubos de PRFV e RPVC (PRFV com liner em PVC) Tabelas Tipos e Dimensões

#### 9.1. Tubos RPVC (PRFV com liner em PVC) Junta Elástica PONTA-BOLSA com ANEL LABIAL



DN		DE	DI	PN 04		PN 10		PN 16		PN 25	
mm	pol	mm	mm	* mm	M kg/m	* mm	M kg/m	* mm	M kg/m	* mm	M kg/m
50	2	66	60,8	2	1,02	2,2	1,12	2,4	1,21	2,6	1,31
75	3	92	86,5	2,1	1,40	2,3	1,62	2,5	1,76	2,7	1,90
100	4	118	111,4	2,7	1,85	2,9	2,03	3,1	2,21	3,3	2,39
150	6	170	162,0	2,9	3,05	3,1	3,31	3,3	3,57	3,5	3,83
200	8	222	213,0	3,9	4,05	4,1	4,39	4,3	4,73	4,5	5,07
250	10	274	263,0	4,9	6,78	5,1	7,23	5,3	7,67	5,5	8,56
300	12	326	313,0	5,9	8,79	6,1	9,96	6,3	10,96	6,5	11,47
350	14	378	364,0	6,4	11,05	6,6	12,80	6,8	13,38	7,0	15,12
400	16	429	413,0	7,4	13,62	7,6	15,60	7,8	16,92	8,0	18,90
500	20	532	513,0	8,4	17,61	8,9	18,50	9,3	19,0	10,0	22,0

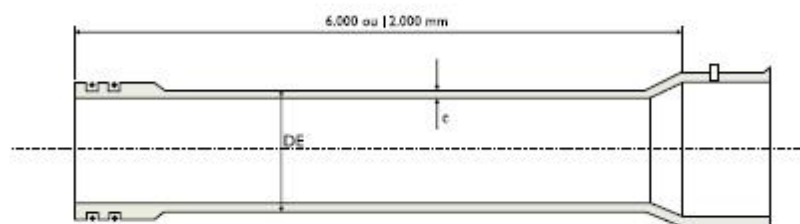
PN = Pressão Nominal em kgf/cm<sup>2</sup>.





## 9.2. Tubos PRFV

### Junta Elástica Tipo BOLSA-PONTA com DUPLO ANEL



DN	DE	PN 6						PN 10						PN 16					
		SN 2.500		SN 5.000		SN 10.000		SN 2.500		SN 5.000		SN 10.000		SN 2.500		SN 5.000		SN 10.000	
mm	mm	e	M	e	M	e	M	e	M	e	M	e	M	e	M	e	M	e	M
		mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m
250	272	4,0	7,3	4,5	8,9	5,5	10,9	4,0	7,4	4,6	9,2	5,7	11,2	4,0	7,5	4,8	9,7	6,0	11,6
300	326	4,2	10,1	4,3	10,3	6,5	15,4	4,2	10,3	4,6	10,5	6,5	15,7	4,2	10,5	4,8	10,7	6,4	15,1
350	378	5,0	14,0	5,3	16,3	7,5	20,4	5,0	14,0	5,6	17,0	7,5	20,4	5,0	14,0	6,0	15,7	7,5	20,4
400	429	5,6	17,7	6,8	21,3	8,4	26,3	5,6	17,9	6,9	21,2	8,5	26,2	5,6	18,1	6,9	21,1	8,6	26,1
450	480	5,9	21,1	7,0	25,1	9,0	31,9	5,9	21,1	7,0	25,0	9,0	31,8	5,9	21,3	7,0	24,9	9,0	31,6
500	532	6,8	26,9	8,0	33,4	11,0	42,8	6,8	26,7	8,0	33,2	11,0	42,5	6,8	26,3	8,0	33,0	11,0	42,3
600	635	8,0	37,5	10,1	46,8	12,9	59,5	8,0	37,4	10,1	46,5	12,9	59,2	8,0	37,2	10,1	46,2	12,9	58,8
700	738	9,3	49,4	11,8	62,2	14,7	77,1	9,3	49,2	11,8	62,0	14,7	76,8	9,3	48,9	11,8	61,7	14,7	76,5
800	842	10,5	63,3	13,1	78,5	16,7	99,2	10,5	63,0	13,1	78,2	16,7	98,8	10,5	62,7	13,1	77,8	16,7	98,4
900	945	11,3	76,4	14,4	96,8	18,5	123,9	11,3	76,1	14,4	96,4	18,5	123,4	11,3	75,8	14,4	96,1	18,5	123,0
1.000	1.048	12,5	93,6	16,0	119,3	20,0	148,3	12,5	93,3	16,0	118,9	20,0	147,8	12,5	93,0	16,0	118,5	20,0	147,3
1.100	1.130	13,6	109,4	17,2	138,0	22,0	175,7	13,6	109,0	17,2	137,5	22,0	175,3	13,6	108,7	17,2	137,0	22,0	175,0
1.200	1.255	15,0	132,2	19,0	167,0	24,0	210,0	15,0	131,8	19,0	166,5	24,0	209,7	15,0	131,4	19,0	166,0	24,0	209,0
1.300	1.333	16,3	154,5	20,2	191,0	26,0	246,1	16,3	154,0	20,2	190,5	26,0	245,6	16,3	153,3	20,2	189,8	26,0	245,0
1.400	1.462	17,4	177,5	22,0	223,8	28,0	286,3	17,4	177,0	22,0	223,2	28,0	285,7	17,4	176,5	22,0	222,7	28,0	285,0
1.500	1.564	18,8	202,3	23,5	253,5	30,0	321,8	18,8	202,0	23,5	251,9	30,0	321,0	18,8	201,6	23,5	251,4	30,0	320,5
1.600	1.668	19,7	229,1	25,5	295,5	32,5	375,5	19,7	228,6	25,5	294,6	32,5	375,0	19,7	228,0	25,5	294,0	32,5	374,5

Nota: Para outros diâmetros, pressões e rigidez sob consulta.  
PN = Pressão Nominal em kgf/cm<sup>2</sup> / e = espessura / M = massa



## S. Tuberías de PVC.

Manual Técnico PVC-U presión

**DURONIL**

### 6- Gama de tubos de PVC-U presión

Norma de fabricación **UNE-EN ISO 1452**: "Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua y para saneamiento enterrado o aéreo con presión. Poli(cloruro de vinilo) no plastificado (PVC-U)".

Presión Nominal (bar)	Gama de PVC Presión							
	Unión por Encolado				Junta Elástica			
	PN 8	PN 10	PN 16	PN 20	PN 8	PN 10	PN 16	PN 20
Diámetro Dn (mm)	-	-	-	20	-	-	-	-
	-	-	25	25	-	-	-	-
	-	-	32	32	-	-	-	-
	-	40	40	40	-	-	-	-
	-	50	50	50	-	-	-	-
	63	63	63	63	-	63	63	63
	75	75	75	75	-	75	75	75
	90	90	90	90	-	90	90	90
	110	110	110	110	110	110	110	110
	125	125	125	125	125	125	125	125
	140	140	140	140	140	140	140	140
	160	160	160	160	160	160	160	160
	180	180	180	-	180	180	180	180
	200	200	200	-	200	200	200	200
	250	250	250	-	250	250	250	250
	315	315	315	-	315	315	315	315
	400	400	-	-	400	400	400	-
	500	500	-	-	500	500	500	-
	-	-	-	-	630	630	630	-
	-	-	-	-	800	800	-	-



Dn (mm)	Espesores de pared			
	Presión Nominales (bar)			
	Espesores (mm)			
	PN 8	PN 10	PN 16	PN 20
20	-	-	-	1.9
25	-	-	1.9	2.3
32	-	-	2.4	2.9
40	-	1.9	3.0	3.7
50	-	2.4	3.7	4.6
63	2.0	3.0	4.7	5.8
75	2.3	3.6	5.6	6.8
90	2.8	4.3	6.7	8.2
110	2.7	4.2	6.6	8.1
125	3.1	4.8	7.4	9.2
140	3.5	5.4	8.3	10.3
160	4.0	6.2	9.5	11.8
180	4.4	6.9	10.7	-
200	4.9	7.7	11.9	-
250	6.2	9.6	14.8	-
315	7.7	12.1	18.7	-
400	9.8	15.3	-	-
500	12.3	19.1	-	-
630	15.4	24.1	-	-
800	19.6	-	-	-

IM0003-1

10/40



### T. Tuberías de acero 316L.


[illegible]



**U. Tuberías de polietileno.**


Diámetro Exterior mm	PN6 (SDR 26)		PN10 (SDR 17)		PN15 (SDR 11)	
	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m	e mm	Precio €/m
10					1,8	0,61
12					1,8	0,66
16					1,8	0,83
20					1,9	1,05
25					2,3	1,32
32			1,9	1,49	2,9	1,29
40	1,8	1,87	2,4	2,04	3,7	2,08
50	2,0	2,37	3,0	2,86	4,6	3,19
63	2,5	3,63	3,8	3,45	5,8	5,05
75	2,9	4,84	4,5	4,87	6,8	7,04
90	3,5	7,04	5,4	6,99	8,2	10,19
110	4,2	6,51	6,6	9,89	10,0	14,46
125	4,8	8,39	7,4	12,63	11,4	18,68
140	5,4	10,60	8,3	15,85	12,7	23,28
160	6,2	13,89	9,5	20,68	14,6	30,57
180	6,9	17,29	10,7	26,15	16,4	38,64
200	7,7	21,45	11,9	32,28	18,2	47,63
225	8,6	35,75	13,4	50,16	20,5	81,73
250	9,6	33,39	14,8	50,17	22,7	74,13
280	10,7	59,90	16,6	81,24	25,4	126,34
315	12,1	70,02	18,7	102,58	28,6	160,27
355	13,6	91,96	21,1	142,23	32,3	203,23
400	15,3	116,93	23,7	187,83	36,4	258,01
450	17,2	148,34	26,7	207,96	40,9	319,17
500	19,1	182,82	29,7	262,13	45,4	404,14
560	21,4	229,02	33,2	328,46	50,8	507,32
630	24,1	289,74	37,1	416,08	57,2	641,14
710	27,2	367,13	42,1	534,93	64,5	763,73
800	30,6	464,81	47,4	678,04	72,7	1.083,83
900	34,4	589,22	53,3	858,72		
1000	38,2	725,67	59,3	1.054,41		
1100		916,30	64,7	1.367,30		
1200	45,9	1.083,50	70,6	1.624,70		
1400	53,5	consultar				
1600	61,2	consultar				

## V. Motosoplantes.




TECHNOLOGY

ROOTS BLOWERS




TECNOLOGÍA

EMBOLOS ROTATIVOS




FLUID

AIR+




FLUIDO

AIRE+



OPERATING

PRESSURE



FUNCIONAMIENTO

PRESIÓN

CAMPO DE APLICACIÓN / PERFORMANCE TABLE

SEM

MODELO / MODEL		SEM.10 / DN80																
ΔP mbar	Soplante/ blower (rpm)	1500	1700	1900	2100	2300	2500	2700	2900	3100	3300	3500	3700	3900	4100	4300	4500	
200	Q m³/h	196	233	270	308	345	382	419	456	494	531	568	605	642	680	717	754	
	Δt °C	22	21	20	20	19	19	19	19	18	18	18	18	18	18	18	18	
	Pot abs Kw	1.91	2.19	2.46	2.74	3.01	3.29	3.56	3.84	4.11	4.39	4.66	4.94	5.21	5.49	5.76	6.03	
	Pot motor Kw	3	4	4	5.5	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	11	11	11	11	
	dBA u/c	70	71	72	74	75	76	77	78	80	81	82	83	84	86	87	88	
		65	65	66	66	67	67	67	68	68	69	69	69	70	70	71	71	
300	Q m³/h	169	206	244	281	318	355	392	430	467	504	541	578	616	653	690	727	
	Δt °C	35	34	32	31	31	30	29	29	29	28	28	28	28	27	27	27	
	Pot abs Kw	2.65	3.03	3.4	3.78	4.16	4.54	4.92	5.29	5.67	6.05	6.43	6.81	7.18	7.56	7.94	8.32	
	Pot motor Kw	4	4	5.5	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5	7.5	7.5	11	11	11	11	11	11	
	dBA u/c	71	72	73	75	76	77	78	79	80	82	83	84	85	86	88	89	
		65	65	66	66	67	67	68	68	68	69	69	70	70	71	71	72	
400	Q m³/h	142	179	216	254	291	328	365	402	440	477	514	551	588	626	663	700	
	Δt °C	51	48	45	44	42	41	41	40	39	39	38	38	38	37	37	37	
	Pot abs Kw	3.38	3.86	4.35	4.83	5.31	5.79	6.27	6.75	7.23	7.71	8.2	8.68	9.16	9.64	10.01	10.6	
	Pot motor Kw	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5	7.5	11	11	11	11	11	11	11	15	15	15	
	dBA u/c	72	73	74	76	77	78	79	80	81	83	84	85	86	87	88	90	
		65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	
500	Q m³/h	114	151	188	225	262	300	337	374	411	448	486	523	560	597	634	672	
	Δt °C	68	63	59	57	55	53	52	51	50	50	49	48	48	48	47	47	
	Pot abs Kw	4.12	4.7	5.29	5.87	6.46	7.04	7.63	8.21	8.79	9.38	9.96	10.6	11.1	11.7	12.3	12.9	
	Pot motor Kw	5.5	7.5	7.5	7.5	11	11	11	11	11	15	15	15	15	15	15	18.5	
	dBA u/c	73	74	75	76	78	79	80	81	82	83	85	86	87	88	89	90	
		65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	
600	Q m³/h	83	121	158	195	232	269	307	344	381	418	455	493	530	567	604	641	
	Δt °C	87	80	75	71	68	66	64	63	62	61	60	59	59	58	57	57	
	Pot abs Kw	4.85	5.54	6.23	6.92	7.6	8.29	8.98	9.67	10.4	11	11.7	12.4	13.1	13.8	14.5	15.2	
	Pot motor Kw	7.5	7.5	7.5	11	11	11	11	15	15	15	15	15	15	18.5	18.5	18.5	
	dBA u/c	74	75	76	77	79	80	81	82	83	84	85	86	88	89	90	91	
		65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	71	71	72	72	73	73	
700	Q m³/h	51	88	125	162	200	237	274	311	348	386	423	460	497	534	572	609	
	Δt °C	108	98	91	86	82	79	77	75	74	72	71	70	69	69	68	67	
	Pot abs Kw	5.59	6.38	7.17	7.96	8.75	9.54	10.3	11.1	11.9	12.7	13.5	14.3	15.1	15.9	16.7	17.5	
	Pot motor Kw	7.5	11	11	11	11	15	15	15	15	18.5	18.5	18.5	18.5	22	22	22	
	dBA u/c	75	76	77	78	79	81	82	83	84	85	86	87	88	90	91	92	
		65	66	66	67	67	68	68	69	70	70	71	71	72	72	73	74	
800	Q m³/h		90	127	164	201	239	276	313	350	387	425	462	499	536	573		
	Δt °C		109	102	97	93	90	88	86	84	83	82	81	80	79	78		
	Pot abs Kw		8.11	9.01	9.9	10.8	11.7	12.6	13.5	14.4	15.3	16.2	17.1	18	18.8	19.7		
	Pot motor Kw		11	11	15	15	15	18.5	18.5	18.5	18.5	22	22	22	30	30		
	dBA u/c		78	79	80	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	93		
			66	67	67	68	69	69	70	70	71	72	72	73	73	74		
900	Q m³/h																	
	Δt °C																	
	Pot abs Kw																	
	Pot motor Kw																	
	dBA u/c																	
1000	Q m³/h																	
	Δt °C																	
	Pot abs Kw																	
	Pot motor Kw																	
	dBA u/c																	

Q: Caudal aspirado a 20 °C / Inlet flow rate at 20 °C

Δt: Incremento de temperatura / Increase of temperature

Pot abs: Potencia absorbida en el eje del soplante sin considerar los accesorios del grupo /

Absorbed power to the shaft, without considering any accessories of the group

Pot motor: Potencia nominal de motor / Nominal power of the motor

Aire aspirado / Inlet air: 1.205 Kg/m3 20°C 1013 mbar

Tolerancia de caudal aspirado y potencia absorbida / Tolerance for inlet flow rate and absorbed power ± 5%

Nivel de Presión Acústica medido según / Sound level measured u/ ISO 2151:2004, a 2m(A)

T. +34 943 335 100 | F. +34 943 335 480

Revisión / Actualization CT-GRCS-EN-01/01/13

Sección-Página / Section-Page 11

MAPNER

Q: Caudal aspirado a 20 °C / Inlet flow rate at 20 °C  
 Δt: Incremento de temperatura / Increase of temperature  
 Pot abs: Potencia absorbida en el eje del soplante sin considerar los accesorios del grupo /  
 Absorbed power to the shaft, without considering any accessories of the group  
 Pot motor: Potencia nominal de motor / Nominal power of the motor





Aire aspirado / Inlet air: 1.205 Kg/m³ 20°C 1013 mbar  
 Tolerancia de caudal aspirado y potencia absorbida / Tolerance for  
 inlet flow rate and absorbed power ± 5%  
 Nivel de Presión Acústica medido según / Sound level measured c/  
 ISO 2151:2004: ± 2dB(A)

# **ANEXO V: FICHAS DE SEGURIDAD**



## A. Hipoclorito sódico.

Ficha de datos de  
seguridad  
**HIPOCLORITO SÓDICO 150 g/l**

1 IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA O LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O EMPRESA	
<b>1.1</b>	<b>Identificador del producto:</b> HIPOCLORITO SÓDICO 150 g/l
<b>1.2</b>	<b>Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados:</b> Bactericida para agua de piscinas. Homologado en la DGSp y C con el numero 08-60-1324.
<b>1.3</b>	<b>Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad:</b> Rivas y Anaya, S.L. Avda. España, 258 29680 Estepona - Málaga Tlf. 952800605 - Fax: 952807530
<b>1.4</b>	<b>Teléfono de emergencia:</b> 915620420 Instituto Nacional de Toxicología
2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS	
<b>2.1</b>	<b>Clasificación:</b> <b>Directiva 67/548/CE y Directiva 1999/45/CE:</b> La clasificación del producto se ha realizado conforme con el R.D. 363/1995 (Directiva 67/548/CE) y el R.D.255/2003 (Directiva 1999/45/CE), adaptando sus disposiciones al Reglamento (CE) nº1907/2006 (Reglamento REACH) de acuerdo al R.D. 1802/2008. C: R35 - Provoca quemaduras graves N: R50 - Muy tóxico para los organismos acuáticos R31 - En contacto con ácidos libera gases tóxicos <b>Reglamento nº1272/2008 (CLP):</b> La clasificación de este producto se ha realizado conforme el Reglamento nº1272/2008 (CLP). Aquatic Acute 1: Peligrosidad aguda para el medio ambiente acuático, Categoría 1 Eye Dam. 1: Lesiones oculares graves, Categoría 1 Skin Corr. 1A: Corrosión cutánea, Categoría 1A
<b>2.2</b>	<b>Elementos de la etiqueta:</b> <b>Directiva 67/548/CE y Directiva 1999/45/CE:</b> De acuerdo a la legislación los elementos del etiquetado son los siguientes: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <small>Corrosivo</small> </div> <div style="text-align: center;">   <small>Peligroso para el medio ambiente</small> </div> </div> <b>Frases R:</b> R31: En contacto con ácidos libera gases tóxicos R35: Provoca quemaduras graves R50: Muy tóxico para los organismos acuáticos <b>Frases S:</b> S26: En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico S36/37/39: Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrese la etiqueta) S57: Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente S61: Evítese su liberación al medio ambiente. Recíbense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad <b>Información suplementaria:</b> No relevante <b>Reglamento nº1272/2008 (CLP):</b> Peligro <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div> <b>Indicaciones de peligro:</b>

Ficha de datos de  
seguridad

**HIPOCLORITO SODICO 150 g/l**

**2 IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS (continúa)**

Aquatic Acute 1: H400 - Muy tóxico para los organismos acuáticos.  
Eye Dam. 1: H318 - Provoca lesiones oculares graves.  
Skin Corr. 1A: H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

**Consejos de prudencia:**

P273: Evitar su liberación al medio ambiente.  
P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.  
P305+P351+P338: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.  
P310: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico.  
P391: Recoger el vertido.  
P501: Eliminar el contenido/el recipiente conforme a la legislación vigente de tratamiento de residuos

**Información suplementaria:**

EUH031: En contacto con ácidos libera gases tóxicos.  
EUH206: ¡Atención! No utilizar junto con otros productos. Puede desprender gases peligrosos (cloro).  
EUH401: A fin de evitar riesgos para las personas y el medio ambiente, siga las instrucciones de uso.

**Sustancias que contribuyen a la clasificación**

Hipoclorito de sodio

**2.3 Otros peligros:**  
No relevante

**3 COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES**

**Descripción química:** Bredida/s

**Componentes:**

De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (punto 3.2), el producto presenta:

Identificación	Nombre químico/clasificación	Concentración
CAS: 7681-52-9 CE: 231-468-3 Index: 017-011-00-1 REACH:	<b>Hipoclorito de sodio</b> Directiva 67/548/CE Reglamento 1272/2008 C: R34; N: R50; R51 Skin Corr. 1B: H314; Aquatic Acute 1: H400 - Peligro	ATP CLP00  <b>10-25 %</b>

Para ampliar información sobre la peligrosidad de la sustancias consultar los epígrafes 8, 11, 12 y 16.

**4 PRIMEROS AUXILIOS**

**4.1 Descripción de los primeros auxilios:**

Requerir asistencia médica inmediata, mostrándole la FDS de este producto

**Por inhalación:**

Se trata de un producto que no contiene sustancias clasificadas como peligrosas por inhalación, sin embargo, en caso de síntomas de intoxicación sacar al afectado de la zona de exposición y proporcionarle aire fresco. Solicitar atención médica si los síntomas se agravan o persisten.

**Por contacto con la piel:**

Quitar la ropa y los zapatos contaminados, aclarar la piel o duchar al afectado si procede con abundante agua fría y jabón neutro. En caso de afección importante acudir al médico. Si la mezcla produce quemaduras o congelación, no se debe quitar la ropa debido a que podría empeorar la lesión producida si esta se encuentra pegada a la piel. En el caso de formarse ampollas en la piel, éstas nunca deben reventarse ya que aumentaría el riesgo de infección.

**Por contacto con los ojos:**

Enjuagar los ojos con abundante agua a temperatura ambiente al menos durante 15 minutos. Evitar que el afectado se frote o cierre los ojos. En el caso de que el accidentado use lentes de contacto, éstas deben retirarse siempre que no estén pegadas a los ojos, de otro modo podría producirse un daño adicional. En todos los casos, después del lavado, se debe acudir al médico lo más rápidamente posible con la FDS del producto.

**Por ingestión:**

Requerir asistencia médica inmediata, mostrándole la FDS de este producto. No inducir al vómito, porque su expulsión del estómago puede provocar daños en la mucosa del tracto digestivo superior, y su aspiración, al respiratorio. Enjuagar la boca y la garganta, ya que existe la posibilidad de que hayan sido afectadas en la ingestión. En el caso de pérdida de consciencia no administrar nada por vía oral hasta la supervisión del médico. Mantener al afectado en reposo.



Ficha de datos de  
seguridad

**HIPOCLORITO SODICO 150 g/l**

<b>4</b>	<b>PRIMEROS AUXILIOS (continúa)</b>
<b>4.2</b>	<p><b>Principales síntomas y efectos, agudos y retardados:</b> No hay síntomas ni efectos retardados.</p> <p><b>4.3</b> <b>Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente:</b> No relevante</p>
<b>5</b>	<b>MEDIDAS DE LUCHAS CONTRA INCENDIOS</b>
<b>5.1</b>	<p><b>Medios de extinción:</b> Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. En caso de inflamación como consecuencia de manipulación, almacenamiento o uso indebido emplear preferentemente extintores de polvo polivalente (polvo ABC), de acuerdo al Reglamento de instalaciones de protección contra incendios (R.D. 1942/1993). NO SE RECOMIENDA emplear agua a chorro como agente de extinción.</p> <p><b>5.2</b> <b>Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:</b> Como consecuencia de la combustión o descomposición térmica se generan subproductos de reacción (CO<sub>2</sub>, CO, NOx,...) que pueden resultar altamente tóxicos y, consecuentemente, pueden presentar un riesgo elevado para la salud.</p> <p><b>5.3</b> <b>Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios:</b> En función de la magnitud del incendio puede hacerse necesario el uso de ropa protectora completa y equipo de respiración autónomo. Disponer de un mínimo de instalaciones de emergencia o elementos de actuación (mantas ignífugas, botiquín portátil,...) conforme al R.D.486/1997. <b>Disposiciones adicionales:</b> Actuar conforme el Plan de Emergencia Interior y las Fichas Informativas sobre actuación ante accidentes y otras emergencias. Suprimir cualquier fuente de ignición. En caso de incendio, refrigerar los recipientes y tanques de almacenamiento de productos susceptibles a inflamación, explosión o BLEVE como consecuencia de elevadas temperaturas. Evitar el vertido de los productos empleados en la extinción del incendio al medio acuático.</p>
<b>6</b>	<b>MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL</b>
<b>6.1</b>	<p><b>Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia:</b> Aislar las fugas siempre y cuando no suponga un riesgo adicional para las personas que desempeñen esta función. Ante la exposición potencial con el producto derramado se hace obligatorio el uso de elementos de protección personal (Ver epígrafe 8). Evacuar la zona y mantener a las personas sin protección alejadas.</p> <p><b>6.2</b> <b>Precauciones relativas al medio ambiente:</b> Evitar a toda costa cualquier tipo de vertido al medio acuático. Contener adecuadamente el producto absorbido en recipientes herméticamente precintables. Notificar a la autoridad competente en el caso de exposición al público en general o al medioambiente.</p> <p><b>6.3</b> <b>Métodos y material de contención y de limpieza:</b> Absorber el vertido mediante arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. No absorber en serrín u otros absorbentes combustibles. Para cualquier consideración relativa a la eliminación consultar el epígrafe 13. <b>Referencias</b></p> <p><b>6.4</b> <b>a otras secciones:</b> Ver epígrafes 8 y 13.</p>
<b>7</b>	<b>MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO</b>
<b>7.1</b>	<p><b>Precauciones para una manipulación segura:</b> A.- Precauciones generales Cumplir con la legislación vigente en materia de prevención de riesgos laborales. Mantener los recipientes herméticamente cerrados. Controlar los derrames y residuos, eliminándolos con métodos seguros (epígrafe 6). Evitar el vertido libre desde el recipiente. Mantener orden y limpieza donde se manipulen productos peligrosos. B.- Recomendaciones técnicas para la prevención de incendios y explosiones. Producto no inflamable bajo condiciones normales de almacenamiento, manipulación y uso. Se recomienda trasvasar a velocidades lentas para evitar la generación de cargas electrostáticas que pudieran afectar a productos inflamables. Consultar el epígrafe 10 para sobre condiciones y materias que deben evitarse. C.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos ergonómicos y toxicológicos.</p>

Ficha de datos de  
seguridad

**HIPOCLORITO SODICO 150 g/l**

7 MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO (continúa)				
<p>Con la finalidad de minimizar los riesgos derivados del levantamiento del envase que contiene el producto se recomienda: separar los pies hasta conseguir una postura estable, acercar al máximo el objeto al cuerpo, levantar el peso gradualmente y sin sacudidas, y no girar el tronco mientras se está levantando la carga (es preferible pivotar sobre los pies). Trasvasar en lugares fijos que reúnan las debidas condiciones de seguridad (duchas de emergencia y lavajos en las proximidades), empleando equipos de protección personal, en especial de cara y manos (Ver epígrafe 8). Limitar los trasvases manuales a recipientes de pequeñas cantidad. No comer ni beber durante su manipulación, lavándose las manos posteriormente con productos de limpieza adecuados.</p> <p>D.- Recomendaciones técnicas para prevenir riesgos medioambientales</p> <p>Debido a la peligrosidad de este producto para el medio ambiente se recomienda manipularlo dentro de un área que disponga de barreras de control de la contaminación en caso de vertido, así como disponer de material absorbente en las proximidades del mismo</p>				
<b>7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades:</b>				
A.- Medidas técnicas de almacenamiento				
ITC (R.D.379/2001): MIE-APQ-6				
Clasificación: b)				
Tª mínima: 5 °C				
Tª máxima: 30 °C				
Tiempo máximo: 6 meses				
B.- Condiciones generales de almacenamiento.				
Evitar fuentes de calor, radiación, electricidad estática y el contacto con alimentos.				
<b>7.3 Usos específicos finales:</b>				
Salvo las indicaciones ya especificadas no es preciso realizar ninguna recomendación especial en cuanto a los usos de este producto.				
8 CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL				
<b>8.1 Parámetros de control:</b>				
Sustancias cuyos valores límite de exposición profesional han de controlarse en el ambiente de trabajo:				
No existen valores límites ambientales para las sustancias que constituyen la mezcla.				
<b>8.2 Controles de la exposición:</b>				
A.- Medidas generales de seguridad e higiene en el ambiente de trabajo				
Como medida de prevención se recomienda la utilización de equipos de protección individual básicos, con el correspondiente "marcado CE" de acuerdo al R.D.1407/1992. Para más información sobre los equipos de protección individual (almacenamiento, uso, limpieza, mantenimiento, clase de protección,...) consultar el folleto informativo facilitado por el fabricante del EPI. Las indicaciones contenidas en este punto se refieren al producto puro. Las medidas de protección para el producto diluido podrán variar en función de su grado de dilución, uso, método de aplicación, etc. Para determinar la obligación de instalación de duchas de emergencia y/o lavajos en los almacenes se tendrá en cuenta la normativa referente al almacenamiento de productos químicos aplicable en cada caso. Para más información ver epígrafe 7.1 y 7.2.				
B.- Protección respiratoria.				
Será necesario la utilización de equipos de protección en el caso de formación de nieblas o en el caso de superar los límites de exposición profesional.				
C.- Protección específica de las manos.				
	EPI Guantes NO desechables de protección química	Marcado  CAT III	Normas CEN EN 374-1:2003 EN 374-2:2003 EN 374-3:2003 EN 420:2003+A1:2009	Observaciones El tiempo de paso (Breakthrough Time) indicado por el fabricante ha de ser superior al del tiempo de uso del producto. No emplear cremas protectoras después del contacto del producto con la piel.
D.- Protección ocular y facial				




Ficha de datos de  
seguridad  
**HIPOCLORITO SODICO 150 g/l**


## 8 CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL (continúa)

Pictograma PRL	EPI	Markado	Normas CEN	Observaciones
 Protección obligatoria de la cara	Pantalla facial		EN 166:2001 EN 167:2001 EN 168:2001	Limpiar a diario y desinfectar periódicamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

### E.- Protección corporal

Pictograma PRL	EPI	Markado	Normas CEN	Observaciones
 Protección obligatoria del cuerpo	Prenda de protección frente a riesgos químicos		EN 13034:2005+A1 2009 EN 168:2001 EN ISO 13982-1:2004 EN ISO 6529:2001 EN ISO 6530:2005	Uso exclusivo en el trabajo. Limpiar periódicamente de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
 Protección obligatoria de los pies	Calzado de seguridad contra riesgo químico		EN ISO 20345:2004/A1:2007 EN 13832-1:2006	Reemplazar las botas ante cualquier indicio de deterioro.

### F.- Medidas complementarias de emergencia

Medida de emergencia	Normas	Medida de emergencia	Normas
 Ducha de emergencia	ANSI Z358-1 ISO 3864-1:2002	 Lavajojos	DIN 12 899 ISO 3864-1:2002

### Controles de la exposición del medio ambiente:

En virtud de la legislación comunitaria de protección del medio ambiente se recomienda evitar el vertido tanto del producto como de su envase al medio ambiente. Para información adicional ver epígrafe 7.1.D

9 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
<b>9.1 Información de propiedades físicas y químicas básicas:</b>	
Para completar la información ver la ficha técnica/hoja de especificaciones del producto.	
<b>Aspecto físico:</b>	
Estado físico a 20 °C:	Líquido
Aspecto:	Transparente
Color:	Amarillento
Olor:	Característico
<b>Volatilidad:</b>	
Temperatura de ebullición a presión atmosférica:	100 °C
Presión de vapor a 20 °C:	2350 Pa
Presión de vapor a 50 °C: Tasa de evaporación a 20 °C:	12381 Pa (12 kPa) No relevante *
<b>Caracterización del producto:</b>	
Densidad a 20 °C:	1058 kg/m³
Densidad relativa a 20 °C:	1,058
Viscosidad dinámica a 20 °C:	1,41 cP
Viscosidad cinemática a 20 °C:	1,33 cSt
Concentración:	150 g/L (sustancia activa)
pH:	13 al 15 %
Densidad de vapor a 20 °C:	No relevante *
Coefficiente de reparto n-octanol/agua a 20 °C:	No relevante *
*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.	

Ficha de datos de  
seguridad

**HIPOCLORITO SODICO 150 g/l**

9

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS (continúa)

Solubilidad en agua a 20 °C:

No relevante \*

Propiedad de solubilidad:

Muy soluble en agua

Temperatura de descomposición:

No relevante \*

Inflamabilidad:

Temperatura de inflamación:

No inflamable

Temperatura de autoignición:

No relevante \*

Límite de inflamabilidad inferior:

No relevante \*

Límite de inflamabilidad superior:

No relevante \*

9.2 Información adicional:

Tensión superficial a 20 °C:

No relevante \*

Índice de refracción:

No relevante \*

Compuestos orgánicos volátiles:

En aplicación al R.D.117/2003 (Directiva 1999/13/CE), este producto presenta las siguientes características:

C.O.V. (Suministro):

0 % peso

Concentración C.O.V. a 20 °C:

No relevante \*

Número de carbonos medio:

No relevante \*

Peso molecular medio:

No relevante \*

\*No relevante debido a la naturaleza del producto, no aportando información característica de su peligrosidad.

10

ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

10.1 Reactividad:

No se esperan reacciones peligrosas si se cumplen las instrucciones técnicas de almacenamiento de productos químicos. Ver epígrafe 7.

10.2 Estabilidad química:

Estable químicamente bajo las condiciones indicadas de almacenamiento, manipulación y uso.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas:

Bajo las condiciones indicadas no se esperan reacciones peligrosas que puedan producir una presión o temperaturas excesivas.

10.4 Condiciones que deben evitarse:

Choque y fricción	Contacto con el aire	Calentamiento	Luz Solar	Humedad
No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable	No aplicable

10.5 Materiales incompatibles:

Ácidos	Agua	Materias comburentes	Materias combustibles	Otros
No aplicable	No aplicable	Precaución	No aplicable	No aplicable

10.6 Productos de descomposición peligrosos:

Ver epígrafe 10.3, 10.4 y 10.5 para conocer los productos de descomposición específicamente. En dependencia de las condiciones de descomposición, como consecuencia de la misma pueden liberarse mezclas complejas de sustancias químicas: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), monóxido de carbono y otros compuestos orgánicos.

11

INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos:

No se disponen de datos experimentales de la mezcla en sí misma relativos a las propiedades toxicológicas. A la hora de realizar la clasificación de peligrosidad sobre efectos corrosivos o irritantes se han tenido en cuenta las recomendaciones contenidas en el apartado 3.2.5 del Anexo VI del R.D.363/1995 (Directiva 67/548/CE), en los párrafos b) y c) del apartado 3 del artículo 6 del R.D.255/2003 (Directiva 1999/45/CE) y en el apartado 3.2.3.3.5. del Anexo I del Reglamento CLP.

Efectos peligrosos para la salud:

En caso de exposición repetitiva, prolongada o a concentraciones superiores a las establecidas por los límites de exposición profesionales, pueden producirse efectos adversos para la salud en función de la vía de exposición:

A.- Ingestión:

Ficha de datos de  
seguridad

**HIPOCLORITO SODICO 150 g/l**

**11 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA (continúa)**

Producto corrosivo, su ingesta provoca quemaduras destruyendo los tejidos en todo su espesor. Para más información sobre efectos secundarios por contacto con la piel ver epígrafe 2.

**B- Inhalación:**

El producto no está clasificado como peligroso por inhalación con efecto agudos, irreversibles o crónicos, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por inhalación. Para más información ver epígrafe 3.

**C- Contacto con la piel y los ojos:**

Principalmente el contacto con la piel destruyen los tejidos en todo su espesor, provocando quemaduras. Para más información sobre efectos secundarios por contacto con la piel ver epígrafe 2.

**D- Efectos CMR (carcinogenicidad, mutagenicidad y toxicidad para la reproducción):**

El producto no está clasificado como peligroso con efectos carcinogénicos, mutagénicos o tóxicos para la reproducción, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por los efectos descritos. Para más información ver epígrafe 3.

**E- Efectos de sensibilización:**

El producto no está clasificado como peligroso con efectos sensibilizantes, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas con efectos sensibilizantes. Para más información ver epígrafe 3.

**F- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición única:**

El producto no está clasificado como peligroso por este efecto, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver epígrafe 3.

**G- Toxicidad específica en determinados órganos (STOT)-exposición repetida:**

El producto no está clasificado como peligroso por este efecto, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver epígrafe 3.

**H- Peligro por aspiración:**

El producto no está clasificado como peligroso por este efecto, no presentando sustancias clasificadas como peligrosas por este efecto. Para más información ver epígrafe 3.

**Información toxicológica específica de las sustancias:**

Identificación	Toxicidad aguda	Género
Hipoclorito de sodio	DL50 oral	8910 mg/kg
CAS: 7681-52-9	DL50 cutánea	
CE: 231-688-3	DL50 inhalación	

**12 INFORMACIÓN ECOLÓGICA**

No se disponen de datos experimentales de la mezcla en sí misma relativos a las propiedades ecotoxicológicas.

**12.1 Toxicidad:**

Identificación	Toxicidad aguda	Especie	Género
Hipoclorito de sodio	CL50		
CAS: 7681-52-9	CE50	0.032 mg/L (48 h)	Daphnia magna
CE: 231-688-3	CE50		Crustáceo

**12.2 Persistencia y degradabilidad:**

No disponible

**12.3 Potencial de bioacumulación:**

No determinado

**12.4 Movilidad en el suelo:**

No determinado

**12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB:**

No aplicable

**12.6 Otros efectos adversos:**

No descritos

**13 CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN**

**13.1 Métodos para el tratamiento de residuos:**

Ficha de datos de  
seguridad

**HIPOCLORITO SODICO 150 g/l**

**13 CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN (continúa)**

Código	Descripción	Tipo de residuo (Directiva 2008/98/CE)
07 04 04*	Otros disolventes, líquidos de limpieza y lícones madre orgánicos	Peligroso

**Gestión del residuo (eliminación y valorización):**

Consultar al gestor de residuos autorizado las operaciones de valorización y eliminación conforme al Anexo 1 y Anexo 2 (Directiva 2008/98/CE). De acuerdo a los códigos 15 01 (2000/532/CE) en el caso de que el envase haya estado en contacto directo con el producto se gestionará del mismo modo que el propio producto, en caso contrario se gestionará como residuo no peligroso.

**Disposiciones legislativas relacionadas con la gestión de residuos:**

De acuerdo al Anexo II del Reglamento (CE) nº1907/2006 (REACH) se recogen las disposiciones comunitarias o estatales relacionadas con la gestión de residuos.

Legislación comunitaria: Directiva 2008/98/CE, 2000/532/CE; Decisión de la Comisión de 3 de mayo de 2000

**14 INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE**

**Transporte terrestre de mercancías peligrosas:**

En aplicación al ADR 2011 y al RID 2011:



- 14.1 Número ONU:** UN1791  
**14.2 Designación oficial de transporte de la ONU:** HIPOCLORITO EN SOLUCIÓN  
**14.3 Clase(s) de peligro para el transporte:** 8  
**Etiquetas:** 8  
**14.4 Grupo de embalaje:** III  
**14.5 Peligroso para el medio ambiente:** Sí  
**14.6 Disposiciones especiales:** 521  
**Código de restricción en túneles:** E  
**Propiedades físico-químicas:** ver epígrafe 9

**Transporte marítimo de mercancías peligrosas:**

En aplicación al IMDG 2011:



- 14.1 Número ONU:** UN1791  
**14.2 Designación oficial de transporte de la ONU:** HIPOCLORITO EN SOLUCIÓN  
**14.3 Clase(s) de peligro para el transporte:** 8  
**Etiquetas:** 8  
**14.4 Grupo de embalaje:** III  
**14.5 Peligroso para el medio ambiente:** Sí  
**Contaminante del mar:** No  
**14.6 Disposiciones especiales:** 223  
**Códigos FEM:** F-A, S-B  
**Propiedades físico-químicas:** ver epígrafe 9

**Transporte aéreo de mercancías peligrosas:**

En aplicación al IATA/OACI 2011:



- 14.1 Número ONU:** UN1791  
**14.2 Designación oficial de transporte de la ONU:** HIPOCLORITO EN SOLUCIÓN  
**14.3 Clase(s) de peligro para el transporte:** 8  
**Etiquetas:** 8  
**14.4 Grupo de embalaje:** III  
**Propiedades físico-químicas:** ver epígrafe 9



Ficha de datos de  
seguridad

HIPOCLORITO SODICO 150 g/l

**15 INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

**15.1** Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla:

**Restricciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y mezclas peligrosas (Anexo XVII del Reglamento REACH):**

No relevante

**Disposiciones particulares en materia de protección de las personas o el medio ambiente:**

Se recomienda emplear la información recopilada en esta ficha de datos de seguridad como datos de entrada en una evaluación de riesgos de las circunstancias locales con el objeto de establecer las medidas necesarias de prevención de riesgos para el manejo, utilización, almacenamiento y eliminación de este producto.

**Otras legislaciones:**

No aplicable

**15.2** Evaluación de la seguridad química:

El proveedor no ha llevado a cabo evaluación de seguridad química.

**16 OTRA INFORMACIÓN**

**Legislación aplicable a fichas de datos de seguridad:**

Esta ficha de datos de seguridad se ha desarrollado de acuerdo al ANEXO II-Guía para la elaboración de Fichas de Datos de Seguridad del Reglamento (CE) Nº 1907/2006

**Textos de las frases legislativas contempladas en el epígrafe 3:**

**Directiva 67/548/CE y Directiva 1999/45/CE:**

R31: En contacto con ácidos libera gases tóxicos

R34: Provoca quemaduras

R50: Muy tóxico para los organismos acuáticos

**Reglamento nº1272/2008 (CLP):**

Aquatic Acute 1: H400 - Muy tóxico para los organismos acuáticos.

Skin Corr. 1B: H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

**Consejos relativos a la formación:**

Se recomienda formación mínima en materia de prevención de riesgos laborales al personal que va a manipular este producto, con la finalidad de facilitar la comprensión e interpretación de esta ficha de datos de seguridad, así como del etiquetado del producto.

**Principales fuentes bibliográficas:**



<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis>

<http://echa.europa.eu>

<http://eur-lex.europa.eu>

La información contenida en esta Ficha de datos de seguridad está fundamentada en fuentes, conocimientos técnicos y legislación vigente a nivel europeo y estatal, no pudiendo garantizar la exactitud de la misma. Esta información no es posible considerarla como una garantía de las propiedades del producto, se trata simplemente de una descripción en cuanto a los requerimientos en materia de seguridad. La metodología y condiciones de trabajo de los usuarios de este producto se encuentran fuera de nuestro conocimiento y control, siendo siempre responsabilidad última del usuario tomar las medidas necesarias para adecuarse a las exigencias legislativas en cuanto a manipulación, almacenamiento, uso y eliminación de productos químicos. La información de esta ficha de seguridad únicamente se refiere a este producto, el cual no debe emplearse con fines distintos a los que se especifican.

## B. Ácido sulfúrico.

		<b>Ficha de datos de seguridad</b> Según Reglamento (CE) 1907/2006 <b>Ácido sulfúrico 95-99%</b>	Pág. nº/total: 1/9 Revisión No.: 8 Fecha: 2013/04/17 Sustituye a Rev. No.:7
---	---	--	--

### SECCIÓN 1: Identificación de la sustancia o mezcla y de la sociedad o la empresa

#### 1.1. Identificador del producto

Nombre del producto: Ácido sulfúrico 95-99 %

Descripción: no disponible

Sinónimos: Ácido sulfúrico, aceite de vitriolo, sulfato de hidrógeno, ácido de baterías

Nº Índice: 016-020-00-8

Nº CAS: 7664-93-9

Nº EC: 231-639-5

Nº de Registro REACH: 01-2119458838-20-0008

#### 1.2. Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

##### 1.2.1. Usos pertinentes identificados

Industria química. Síntesis. Fabricación de otros ácidos, fertilizantes, explosivos, pinturas, lacas, y barnices. Agente de decapado de metales. Industria agroalimentaria. Ingeniería eléctrica/electrónica. Polímeros. Fabricación de dióxido de cloro (agente blanqueante en la fabricación de papel). Baterías.

Consúltese en la sección 16 la lista completa de los usos para los que se proporciona un Escenario de Exposición Genérico (GES) como anexo a esta ficha.

##### 1.2.2. Usos desaconsejados

No se han identificado

#### 1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Asturiana de Zinc, S. A.

33417-San Juan de Nieva, Castrillón

ASTURIAS-ESPAÑA

+34 985 128 100

[fds@xstratazinc.com](mailto:fds@xstratazinc.com)

#### 1.4. Teléfono de emergencia

Número de emergencia dentro de la Unión Europea: 112

### SECCIÓN 2: Identificación de los peligros

Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

#### 2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla

##### 2.1.1. Clasificación según el Reglamento (CE) No 1272/2008 [CLP/GHS]

Categoría	Indicaciones de peligro
Corrosión piel, categoría 1A	H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

##### 2.1.2. Clasificación según las Directivas 67/548/EEC ó 1994/45/EEC

Categoría	Frases R
Corrosivo	R 35: Provoca quemaduras graves

#### 2.2. Elementos de la etiqueta

##### 2.2.1. Etiquetado según el Reglamento (CE) No 1272/2008 [CLP/GHS]

##### Pictogramas de peligro:





##### Palabra de advertencia:

PELIGRO

##### Indicaciones de peligro:

H314: Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

		<b>Ficha de datos de seguridad</b> <b>Según Reglamento (CE) 1907/2006</b> <b>Ácido sulfúrico 95-99%</b>	<b>Pág. nº/total: 2/9</b> <b>Revisión No.: 8</b> <b>Fecha: 2013/04/17</b> <b>Sustituye a Rev. No.:7</b>
---	---	---	--

**Consejos de prudencia:**

P280: Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P307+P310: EN CASO DE exposición: Llamar inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.

P301+P330+P331: EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. NO provocar el vómito.

P305+P351: EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos

2.2.2. Etiquetado según las Directivas 67/548/EEC ó 1994/45/EEC

**Símbolos:**



**Indicación del peligro:**

Corrosivo (C)

**Frases R:**

R35 Provoca quemaduras graves

**Frases S:**

S26-30-45 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico. No echar jamás agua a este producto. En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrele la etiqueta).

**SECCIÓN 3: Composición/información sobre los componentes**

Nombre	Contenido (%)	No.EINECS	No.CAS	No. Índice
Sulphuric acid	95-99	231-639-5	7664-93-9	016-020-00-8

No contiene otros componentes o impurezas que puedan tener influencia en la clasificación del producto.

**SECCIÓN 4: Primeros auxilios**

**4.1. Descripción de los primeros auxilios**

4.1.1. Información general

Los efectos corrosivos en la piel y los ojos pueden ser retardados y pueden ocurrir sin sensación de dolor. La rapidez es esencial. OBTENER ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE.

4.1.2. Después de inhalación

Abandonar el área de emisión y mover a la víctima a una zona bien ventilada.

Proceder a la respiración artificial si no respira. Si respira con dificultad dar oxígeno. Pedir atención médica. No realizar la respiración boca a boca en caso de que la víctima haya inhalado o ingerido el ácido. Aplicar reanimación cardiopulmonar si la víctima no tiene pulso y no respira. OBTENER ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE. Mantener al paciente en observación por si se desarrollase un edema pulmonar de manera retardada.

4.1.3. Después de contacto con la piel

En caso de contacto con la piel quitar inmediatamente la ropa contaminada y aclarar inmediatamente con agua abundante durante al menos 15 minutos, repitiendo el aclarado si la irritación persiste. Si el paciente tiene que ser evacuado a un centro médico, aplicar compresas de agua fría durante su traslado. No deben utilizarse cremas ni ungüentos. Lavar las ropas contaminadas separadas del resto de la ropa, antes de ser utilizadas nuevamente.



4.1.4. Después de contacto con los ojos

Aclarar inmediatamente con agua abundante durante al menos 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. OBTENER ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE.

4.1.5. Después de ingestión

No inducir el vómito. Si la víctima está consciente, enjuagar la boca y dar gran cantidad de agua o leche. No debe intentar neutralizarse nunca el ácido con bases débiles (la reacción exotérmica puede extender el daño). Si se produce vómito espontáneo, mantener a la víctima en una posición que



		<p style="text-align: center;"><b>Ficha de datos de seguridad</b> Según Reglamento (CE) 1907/2006 <b>Ácido sulfúrico 95-99%</b></p>	<p>Pág. nº/total: 3/9 Revisión No.: 8 Fecha: 2013/04/17 Sustituye a Rev. No.:7</p>
---	---	---	--

evite la aspiración del vómito, enjuagar la boca y dar más agua. Si la víctima tiene convulsiones o está inconsciente no dar nada por vía oral. OBTENER ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE

#### 4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

La inhalación puede provocar irritación severa del tracto respiratorio, con dolor de garganta y tos. Muy peligroso en caso de inhalación de concentraciones elevadas, pudiendo causar edema pulmonar. La ingestión puede provocar quemaduras en la boca, garganta, esófago y estómago con dolor severo y riesgo de perforación. Puede causar náuseas, vómito y diarrea.

Por contacto con los ojos: posibilidad de quemaduras con daño irreversible del nervio óptico (puede provocar ceguera).

Por contacto con la piel: provoca quemaduras.

Las exposiciones prolongadas o repetidas a nieblas ácidas puede provocar irritación ocular (con lagrimeo, dolor y visión borrosa) y conjuntivitis crónica. También corrosión de los dientes e irritación de la piel con picor, quemadura, enrojecimiento, hinchazón y/o erupción.

El ácido sulfúrico no está clasificado como cancerígeno por OSHA, NTP ni IARC. La IARC ha concluido que existe evidencia suficiente de que la exposición profesional a nieblas de ácidos fuertes conteniendo ácido sulfúrico es cancerígena para los humanos, dando lugar a un aumento de la incidencia de cáncer de laringe. La IARC ha clasificado las nieblas de ácidos fuertes conteniendo ácido sulfúrico como cancerígeno humano reconocido (IARC, categoría 1). Esta clasificación se refiere a las nieblas de ácido sulfúrico, no al ácido sulfúrico o a las disoluciones de ácido sulfúrico. No ha presentado efectos teratogénos en los experimentos con animales (IUCLID).

### SECCIÓN 5: Medidas de lucha contra incendios

#### 5.1. Medios de extinción

##### 5.1.1. Medios de extinción apropiados

Agentes químicos secos o dióxido de carbono. Si solamente se dispone de agua, utilizar en forma de niebla. Utilizar agua en forma de spray para enfriar los contenedores expuestos al fuego.

Evacuar al personal a un área segura y prevenir la entrada no autorizada a la zona del incendio. Mantener al personal alejado y en la parte de dónde sopla el viento para evitar la exposición a humo y vapores.

##### 5.1.2. Medios de extinción no apropiados

No utilizar agua directamente sobre el ácido (puede reaccionar violentamente con el agua provocando salpicaduras de ácido).

#### 5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El ácido sulfúrico no es inflamable ni combustible. Sin embargo, el calor generado por el contacto de ácido sulfúrico concentrado con materiales combustibles puede provocar un incendio. En caso de incendio pueden desprenderse gases conteniendo óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>). El ácido sulfúrico reacciona con muchos metales liberando gas hidrógeno, que puede acumularse hasta concentraciones explosivas en espacios confinados.

#### 5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

El personal de lucha contra incendios debe llevar ropa de protección total incluyendo equipo de respiración autónomo en caso de presencia de humos o nieblas. En el caso de incendios cerca de un derrame o si hay vapores presentes, debe utilizarse equipo de protección resistente al ácido. Evitar la contaminación del agua y del sistema de drenaje por entrada del agua de extinción de incendios.

### SECCIÓN 6: Medidas en caso de vertido accidental



#### 6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Evitar toda fuente de ignición. Ventilar la zona. Evitar la entrada de personal no autorizado o que no lleve los equipos de protección recomendados. Mantener al personal alejado del derrame y en la dirección desde donde sopla el viento para evitar la exposición a humos o nieblas ácidas.

Llevar el equipo de protección personal recomendado durante la limpieza: ropa y guantes resistentes al ácido, gafas de seguridad de montura integral y equipo de protección respiratoria en caso de que estén presentes nieblas ácidas.

#### 6.2. Precauciones relativas al medio ambiente

Prevenir la contaminación del suelo y agua. Evitar la entrada en el sistema de drenaje y en los acuíferos.

		<p style="text-align: center;"><b>Ficha de datos de seguridad</b> Según Reglamento (CE) 1907/2006 <b>Ácido sulfúrico 95-99%</b></p>	<p>Pág. nº/total: 4/9 Revisión No.: 8 Fecha: 2013/04/17 Sustituye a Rev. No.:7</p>
---	---	---	--

### 6.3. Métodos y material de contención y limpieza

Contener y recoger el líquido cuando sea posible. Neutralizar con material alcalino, y después absorber con material inerte. No utilizar material combustible.

### 6.4. Referencia a otras secciones

Consultar las secciones 8 y 13 para más información

## SECCIÓN 7: Manipulación y almacenamiento

### 7.1. Precauciones para una manipulación segura

Evitar toda exposición innecesaria. Manipular de acuerdo con las buenas prácticas de higiene y seguridad industriales. Mantener las fuentes de ignición lejos de la zona de almacenamiento, manipulación y equipo de transporte de ácido. Debe disponerse de ducha de seguridad y lava ojos cerca de la zona de manipulación de ácido. Tomar precauciones contra descargas estáticas.

### 7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Almacenar en lugar fresco, seco y ventilado, con suelo resistente al ácido y buen sistema de drenaje. Mantener alejado del calor, agua y materiales incompatibles como son las sustancias alcalinas. El ácido sulfúrico debe almacenarse en contenedores/tanques que hayan sido diseñados específicamente para uso con ácido sulfúrico. En espacios confinados puede acumularse gas hidrógeno, por tanto, los contenedores de metal y específicamente de acero al carbono deben disponer de sistema de venteo.

## SECCIÓN 8: Controles de exposición/protección individual

Si es necesario deben realizarse los correspondientes controles médicos.

Consultar en el anexo a esta FDS las medidas de control adecuadas para cada escenario de exposición.

### 8.1. Parámetros de control

Límites de exposición profesional:

- INSHT (2012): VLA-ED® 0.05 mg/m<sup>3</sup> (niebla, fracción torácica)
- ACGIH: 0.2 mg/m<sup>3</sup> (fracción torácica)
- NIOSH: REL TWA 1 mg/m<sup>3</sup>
- OSHA: PEL TWA 1 mg/m<sup>3</sup>

### 8.2. Controles de la exposición

Si es necesario deben realizarse los correspondientes controles médicos.

Consultar en el anexo a esta FDS las medidas de control adecuadas para cada escenario de exposición.

#### a. Protección respiratoria

En caso de que se formen humos/aerosoles debe utilizarse protección respiratoria adecuada: contra gases/vapores inorgánicos y dióxido de azufre (p.e.: filtro tipo ABE1)

#### b. Protección de la piel: manos

Guantes resistentes al ácido (neopreno, PVC).

#### c. Protección de los ojos

Gafas de seguridad para agentes químicos o pantalla facial en caso de que puedan producirse salpicadura. Debe disponerse de ducha de seguridad y/o lavaojos en la zona de trabajo.

#### d. Protección de la piel: cuerpo.

Debe utilizarse ropa resistente a los ácidos, incluyendo botas, guantes, bata de laboratorio, mandil o mono de trabajo, siempre que exista posibilidad de contacto con la piel. Lavarse las manos antes de las pausas de trabajo y una vez que éste haya finalizado. Cambiar la ropa contaminada.

#### e. Medidas higiénicas



Lavarse las manos y la cara después de trabajar con el ácido. Cambiar la ropa contaminada.

### Control de la exposición medio ambiental

Utilizar ventilación local o general para mantener la concentración en el ambiente de trabajo por debajo de los límites de exposición profesional. Debe suministrarse aire suficiente para reemplazar el aire aspirado por el sistema de ventilación.

## SECCIÓN 9: Propiedades físicas y químicas

### 9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

		<b>Ficha de datos de seguridad</b> <b>Según Reglamento (CE) 1907/2006</b> <b>Ácido sulfúrico 95-99%</b>	<b>Pág. nº/total: 5/9</b> <b>Revisión No.: 8</b> <b>Fecha: 2013/04/17</b> <b>Sustituye a Rev. No.:7</b>
---	---	---	--

#### 9.1.1. Aspecto

- Color: Incoloro
- Olor: inodoro. Puede percibirse un olor punzante si el ácido presenta ciertas impurezas.
- Peso molecular: 98.08

#### 9.1.2. Datos básicos relevantes para la seguridad:

- pH (@20 °C) <1
- Punto de ebullición: depende de la concentración del ácido:

Punto de ebullición (°C)	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
310-335	98
330	96

- Punto de fusión (°C): depende de la concentración del ácido:

Punto de fusión (°C)	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
-1.1 to 3.0 °C	98
-13.9 to -10.0 °C	96

- Punto de inflamación (°C): no aplicable
- Flamabilidad (sólido, gas): no aplicable
- Propiedades explosivas: no aplicable
- Propiedades oxidantes: no aplicable
- Presión de vapor: 130 Pa @ 148.5 °C (97 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Densidad específica: 1.8144-1.8305 kg/L @ 20 °C (90-100 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Solubilidad: miscible con agua en todas las proporciones con gran liberación de calor
- Coeficiente de partición n-octanol/agua (log P<sub>o/w</sub>): no relevante para sustancias ionizables
- Viscosidad: 25 cps (20°C) (98 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)
- Velocidad de evaporación: no aplicable
- Constante de disociación: pKa=1.92

### SECCIÓN 10: Estabilidad y reactividad

#### 10.1. Reactividad

No tiene lugar polimerización peligrosa ni reacciones fugitivas. Descompone a 340°C dando trióxido de azufre y agua. Es extremadamente reactivo con metales, bases, agentes reductores y muchos otros compuestos orgánicos e inorgánicos.

#### 10.2. Estabilidad química

El producto es estable en condiciones normales de presión y temperatura. A temperaturas elevadas existe la posibilidad de descomposición con desprendimiento de gases peligrosos (óxidos de azufre).

#### 10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

Descomposición con liberación de gases peligrosos (óxidos de azufre). Otros gases peligrosos como cianuro de hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y acetileno pueden ser liberados en caso de contacto con agentes químicos como cianuros, sulfuros y carburos respectivamente. El contacto con materia orgánica combustible puede provocar un incendio o explosión. La dilución del ácido con agua genera grandes cantidades de calor, pudiendo llegar al punto de ebullición y provocar salpicaduras. Añadir siempre el ácido sobre el agua, NO AÑADIR NUNCA AGUA SOBRE EL ÁCIDO.

#### 10.4. Condiciones que deben evitarse



Altas temperaturas, humedad, materiales incompatibles.

#### 10.5. Materiales incompatibles

Agua (Precaución: desprendimiento de calor). Oxidantes fuertes, reductores o materia orgánica combustible. Compuestos alcalinos. Metales alcalinos. Amoníaco. Compuestos alcalino-térreos. Soluciones alcalinas. Ácidos. Metales y sus aleaciones. Fósforo. Óxidos de fósforo. Hidruros. Haluros de halógenos. Sales de ácidos oxohalogénicos. Permanganatos. Nitratos. Carburos. Cianuros. Sulfuros. Cloratos. Fulminatos. Disolventes orgánicos. Sustancias inflamables. Acetiluros. Nitrilos.

#### 10.6. Productos de descomposición peligrosos



		<p style="text-align: center;"><b>Ficha de datos de seguridad</b> Según Reglamento (CE) 1907/2006 <b>Ácido sulfúrico 95-99%</b></p>	<p>Pág. nº/total: 6/9 Revisión No.: 8 Fecha: 2013/04/17 Sustituye a Rev. No.:7</p>
---	---	---	--

Humos/gases tóxicos de óxidos de azufre cuando se calienta hasta descomposición. Puede reaccionar con agua o vapor produciendo humos tóxicos y corrosivos. Reacciona con carbonatos generando dióxido de carbono.

## SECCIÓN 11: Información toxicológica

### 11.1. Información sobre los efectos toxicológicos

*Toxicidad aguda oral:*

LD50, rata = 2140 mg/kg (IUCLID)

*Toxicidad aguda inhalación:*

LC50, rata = 510 mg/m<sup>3</sup>, tiempo de exposición: 2 h (IUCLID)

*Corrosividad/irritación:* Muy corrosivo.

*Irritación de la piel:* provoca quemaduras graves

*Irritación de los ojos:* provoca quemaduras graves

*Genotoxicidad in vitro:*

Test de Ames, resultado: negativo (IUCLID)

## SECCIÓN 12: Información ecológica

### 12.1. Toxicidad

*Organismos acuáticos:*

Peces: especie *Brachydanio rerio*, tiempo de exposición: 24 h, LC50: 82 mg/L (IUCLID)

Invertebrados: especie *Daphnia magna*, tiempo de exposición: 24 h, EC50: 29 mg/L (IUCLID)

Microorganismos: especie *Pseudomonas fluorescens*, tiempo de exposición: 24h, EC0: 6900 mg/L (IUCLID).

Extremadamente tóxico para los peces. La ecotoxicidad es debida a la desviación del pH y la formación de sulfatos.

*Organismos terrestres:*

No hay datos disponibles (IUCLID)

### 12.2. Persistencia y degradabilidad

De acuerdo con el Anexo IX del reglamento REACH, no se requiere información sobre la hidrólisis de los compuestos inorgánicos. Tampoco son aplicables el resto de los apartados de la sección 5.1. del IUCLID.

La biodegradabilidad no es aplicable a los metales/sustancias inorgánicas; no es necesario llevar a cabo el estudio correspondiente (Anexo VII REACH).

### 12.3. Potencial de bioacumulación

El ácido sulfúrico es un ácido mineral fuerte que se disocia rápidamente en agua para dar iones hidrógeno y sulfato (a valores de pH medioambientalmente relevantes) y es totalmente miscible con el agua. Los iones hidrógeno y sulfato están presentes de manera natural en el agua y en los sedimentos y, por tanto, no se espera su bioacumulación.

### 12.4. Movilidad en el suelo

El ácido sulfúrico es un ácido mineral fuerte que se disocia rápidamente en agua para dar iones hidrógeno y sulfato (a valores de pH medioambientalmente relevantes) y es totalmente miscible con el agua. Los iones hidrógeno y sulfato están presentes de manera natural en el agua y en los sedimentos. Los iones hidrógeno contribuyen al pH local y son potencialmente móviles; los iones sulfato se incorporan en las especies minerales presentes de manera natural.

### 12.5. Resultados de la valoración PBT y mPmB

Considerando los resultados de los apartados 12.2 y 12.3, el ácido sulfúrico no se considera PBT ni mPmB.

## SECCIÓN 13: Consideraciones relativas a la eliminación

### 13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

#### 13.1.1. Tratamiento de producto/envase

Los residuos deben ser reciclados. Si esto no fuese posible, debe tenerse en cuenta que los residuos están clasificados como peligrosos: contáctese con un gestor autorizado para su tratamiento de acuerdo con la normativa aplicable.

Código/designación de residuo de acuerdo con LER: 06 01 01\* Residuos de la fabricación, formulación, distribución y utilización (FFDU) de ácidos. Ácido sulfúrico y ácido sulfuroso.

Este código/designación se indica solamente como orientación. El código/designación aplicable debe ser determinado por el usuario del producto basándose en el uso del mismo.

		<b>Ficha de datos de seguridad</b> <b>Según Reglamento (CE) 1907/2006</b> <b>Ácido sulfúrico 95-99%</b>	<b>Pág. nº/total: 7/9</b> <b>Revisión No.: 8</b> <b>Fecha: 2013/04/17</b> <b>Sustituye a Rev. No.:7</b>
--	--	---	--

Los envases de sustancias/mezclas peligrosas deben gestionarse de la misma forma que los productos contenidos en ellos.

Directiva del Consejo, de 18 de marzo de 1991, por la que se modifica la Directiva 75/442/CEE relativa a los residuos (91/156/CEE).

Decisión del Consejo, de 23 de julio de 2001, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE de la Comisión en lo relativo a la lista de residuos

Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases

#### 13.1.2. Opciones de tratamiento de residuos

Pueden utilizarse técnicas de tratamiento de aguas residuales in-situ para prevenir la contaminación de acuíferos, p.e.: precipitación química, sedimentación y filtración.

### **SECCIÓN 14: Información relativa al transporte**

#### **14.1 Transporte terrestre (ADR/RID/GGVSE)**

Nº ONU: 1830

Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas: ÁCIDO SULFÚRICO (con más de 51 % de ácido)

Clase(s) de peligro para el transporte: 8

Código de clasificación: C1

Grupo de embalaje: II

Etiquetas de peligro(s): 80

#### **14.2 Transporte marítimo (CódigoIMDG/GGVSee)**

Nº ONU: 1830

Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas: ÁCIDO SULFÚRICO (con más de 51 % de ácido)

Clase(s) de peligro para el transporte: 8

Grupo de embalaje: II

Contaminante marino: 1

Grupo de segregación: 1 (ácidos)

Contaminante marino: No

EmS: F-A, S-B

#### **14.3 Transporte aéreo (ICAO-IATA/DGR)**

Nº ONU: 1830

Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas: ÁCIDO SULFÚRICO (con más de 51 % de ácido)

Clase(s) de peligro para el transporte: 8

Grupo de embalaje: II

Disposiciones especiales: Corrosivo

#### **14.4 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código**

**IBC**

Este producto está fuera del alcance del Anexo II del MARPOL 73/78

### **SECCIÓN 15: Información reglamentaria**

#### **15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla.**

No clasificado como sustancia Seveso



Directiva 98/24/CE del Consejo de 7 de abril de 1998 relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo (decimocuarta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE)

Directiva 94/33/CE del Consejo, de 22 de junio de 1994, relativa a la protección de los jóvenes en el trabajo.

#### **15.2. Evaluación de la seguridad química**

Se ha llevado a cabo una evaluación de la seguridad química del producto.



		<b>Ficha de datos de seguridad</b> <b>Según Reglamento (CE) 1907/2006</b> <b>Ácido sulfúrico 95-99%</b>	<b>Pág. nº/total: 8/9</b> <b>Revisión No.: 8</b> <b>Fecha: 2013/04/17</b> <b>Sustituye a Rev. No.:7</b>
---	---	---	--

## SECCIÓN 16: Otra información

### 16.1 Cambios realizados

Apartado 8.1

### 16.2 Referencias bibliográficas y fuentes de datos utilizadas para la realización de la FDS

- CHEMICAL SAFETY REPORT, ácido sulfúrico
- IUCLID 5
- Límites De Exposición Profesional Para Agentes Químicos En España, 2013. (INSHT).
- Strong inorganic acid mists containing sulphuric acid. Evaluation of the carcinogenicity and genotoxicity. Dutch Expert Committee on Occupational Standards. No. 2003/07OSH, The Hague, April 15, 2003
- IARC92 International Agency for Research on Cancer (IARC). Occupational exposures to mists and vapours from sulphuric acid and other strong inorganic acids. In: Occupational exposures to mists and vapours from strong organic acids and other industrial chemicals. Lyon, France: IARC, 1992: 41-130 (IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans; Vol 54).
- NIOSH pocket guide to chemical hazards. Department of Health and Human Services. Centers for disease control and prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, September 2007. DHHS (NIOSH) publication no. 2005-149.
- [http://ecb.jrc.ec.europa.eu/ Consumer Products Safety & Quality \(CPS&Q\) Unit \(European Commission's Joint Research Centre \(JRC\)\)](http://ecb.jrc.ec.europa.eu/ConsumerProductsSafety&Quality(CPS&Q)Unit(EuropeanCommission'sJointResearchCentre(JRC))).
- <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html> National Institute of Occupational Safety and health (NIOSH): ISCS: "International Chemical Safety Cards".
- Commission Regulation (EU) No 453/2010 of 20 May 2010 amending Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)
- Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on classification, labelling and packaging of substances and mixtures, amending and repealing Directives 67/548/EEC and 1999/45/EC, and amending Regulation (EC) No 1907/2006
- Commission Regulation (EC) No 790/2009 of 10 August 2009 amending, for the purposes of its adaptation to technical and scientific progress, Regulation (EC) No 1272/2008 of the European Parliament and of the Council on classification, labelling and packaging of substances and mixtures

### 16.3 Lista de frases R, advertencias de peligro, indicaciones de seguridad y/o consejos de prudencia pertinentes

Texto completo en las secciones 2 a 15

### 16.4 Recomendaciones relativas a la formación



Formar al personal en el uso seguro de las sustancias de químicas

### 16.5 Información adicional

Lista de los usos para los que se proporciona un escenario de exposición genérico como anexo:

- ES 1 Production of Sulphuric Acid
- ES 2 Use of sulphuric acid as an Intermediate in manufacture of inorganic and organic chemicals incl. fertilizers
- ES 3 Use of sulphuric acid as a processing aid, catalyst, dehydrating agent, PH regulator
- ES 4 Use of sulphuric acid for extractions and processing of minerals, ores
- ES 5 Use of sulphuric acid in the process of surface treatments, purification and etching
- ES 6 Use of sulphuric acid in electrolytic processes
- ES 7 Use of sulphuric acid in gas purification, scrubbing, flue gas scrubbing
- ES 8 Use of sulphuric acid in production of sulphuric acid contained batteries
- ES 9 Use of sulphuric acid in maintenance of sulphuric acid contained batteries
- ES 10 Use of sulphuric acid in recycling of sulphuric acid contained batteries
- ES 11 Use of sulphuric acid contained batteries
- ES 12 Use of sulphuric acid as laboratory chemicals
- ES 13 Use of sulphuric acid in industrial cleaning
- ES 14 Mixing, preparation and repackaging of sulphuric acid

### C. Bisulfito sódico.

 <b>Arauco</b>	<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD</b> <b>PRODUCTOS QUÍMICOS</b>  <b>BISULFITO DE SODIO</b>	
---	---	---

**Sección 1: Identificación del Producto y del Proveedor**


Nombre del Producto	: Bisulfito de Sodio
Código del Producto	: Bisulfito de Sodio
Proveedor	: Celulosa Arauco y Constitución S.A., Planta Nueva Aldea. Kilómetro 21 Ruta Itata, Nueva Aldea
Fono Emergencia	: Planta Celulosa Arauco : 41.-2809412 Planta Celulosa Nueva Aldea : 41- 2862222

**Sección 2: Composición / Ingredientes**

Nombre Químico	: Bisulfito Sódico
Fórmula Química	: NaHSO <sub>3</sub>
Sinónimos	: Removedor de Cloro
Número CAS:	: 7631-90-5
Número N.U.:	: 2693

**Sección 3: Identificación de los Riesgos**

Marca en etiqueta	: 8.- Corrosivo
-------------------	-----------------



Clasificación de Riesgos del Producto Químico a) Peligros para la Salud de las Personas: Efectos sobreexposición aguda	: Salud=2 Inflamabilidad=0 Reactividad=0  : Una revisión de los datos disponibles no identifica síntomas debido a la exposición previamente no mencionados
Inhalación	: Iritante de los órganos respiratorios. Causa signos y síntomas asmáticos en individuos hiperreactivos.

Contacto con la piel	: Puede causar una irritación leve
Contacto con los Ojos	: Puede causar una irritación leve
Ingestión	: No es una ruta probable de exposición. Puede causar ataques del tipo asmático
Efectos sobreexposición crónica	: La ingestión de sulfito puede causar una reacción alérgica severa en asmáticos y en algunos individuos sensibles a los sulfitos. Los síntomas incluyen: dificultad respiratoria, piel enrojecida y erupción. La exposición crónica a sulfitos puede causar síntomas de malestar en el tracto respiratorio superior y afectar los sentidos de olfato y gusto.
Condiciones médicas que se verán agravadas con la exposición al producto	Una revisión de los datos disponibles no registra un empeoramiento de las condiciones existentes.
b) Peligros para el Medio Ambiente	:
c) Peligros especiales del Producto	:

#### Sección 4: Medidas de Primeros Auxilios

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con:

Inhalación	: Llévelo al aire fresco, reposar, y tratar sintomáticamente. Si la respiración se dificulta, administrar oxígeno. Obtener atención médica.
Contacto con la piel	: Lavar inmediatamente con mucha agua durante por lo menos 15 minutos. Si los síntomas persisten, llamar al médico
Contacto con los ojos	: Enjuague inmediatamente sus ojos con agua durante por lo menos 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Si la irritación persiste, repetir el enjuague. Obtener atención médica inmediata
Ingestión	: Provocar el vómito, sólo si el paciente está completamente consciente. Si está consciente, lavar la boca y dar de beber 1 a 2 vasos de agua. Obtener atención médica.
Notas para el médico tratante	: Basado en la reacción individual del paciente, se debe seguir el criterio médico para controlar los síntomas y la situación clínica

#### Sección 5: Medidas para la lucha contra el fuego

Agentes de extinción	: No se espera que este producto arda a menos que toda el agua hierva y se evapore. El remanente orgánico puede ser inflamable. Mantener los contenedores fríos, rociándolos con agua. Use medios extintores adecuados para el fuego de los alrededores
Procedimientos especiales para combatir el fuego	:
Equipos de protección personal para el combate del fuego	: En caso de fuego, usar aparato de respiración autónoma y traje protector

#### Sección 6: Medidas para el Control de derrames o fugas

Medidas de emergencia a tomar si hay derrame de material	: Restringir el acceso al área de forma apropiada hasta que las operaciones de limpieza se hayan completado. Asegurar que la limpieza sea llevada a cabo únicamente por personal entrenado. Asegurar ventilación adecuada. No tocar el material derramado. Detener o reducir cualquier fuga siempre y cuando que no sea peligroso.
Equipo de protección personal para atacar la emergencia	: Utilice equipo de protección personal recomendado en la Sección 8
Precauciones a tomar para evitar daños al ambiente	:
Método de limpieza	: <b>DERRAMES PEQUEÑOS:</b> Contener el derrame con material absorbente (arcilla, tierra, etc). Colocar los residuos en un contenedor apropiado, cubierto y correctamente etiquetado. Lavar el área afectada. <b>DERRAMES GRANDES:</b> Contener el líquido usando material absorbente, cavando zanjas o con diques. Recuperar en tambores reciclados o usados o en un camión cisterna para su desecho apropiado. Lavar cuidadosamente las inmediaciones del derrame .
Método de eliminación de desechos	:

#### Sección 7: Manipulación y Almacenamiento

Recomendaciones técnicas	:
Precauciones a tomar	:
Recomendaciones sobre manipulación segura, específicas	: Evitar el contacto con piel y ojos. No ingerir. No poner en los ojos, la piel y la ropa. Tener al alcance equipo de emergencia (para incendios, derrames, goteos, etc.). Asegurarse de que todos los contenedores estén etiquetados. Mantener los



recipientes cerrados cuando no se usen. Usar con ventilación adecuada. Para mayor información sobre prevención durante el manejo del producto, consultar la sección 8

**Condiciones de Almacenamiento** : Almacenar los recipientes bien cerrados. Almacenar en contenedores apropiados etiquetados. Los productos que contengan aminas y sulfitos no se deben almacenar muy cerca uno del otro ya que los vapores que resulten pueden formar partículas en el aire que son visibles en forma de neblina

**Embalajes recomendados y no adecuados** : Polietileno de alta densidad, La compatibilidad con materiales plásticos puede variar. Por lo tanto, recomendamos probar la compatibilidad antes de utilizar el producto

#### Sección 8: Control de exposición / Protección especial

**Medidas para reducir la posibilidad de exposición**

**Parámetros para control**

: TLV Bisulfito sódico TWA = 5 mg/m<sup>3</sup>  
Bióxido de azufre TWA = 2 ppm , 5,2 mg/m<sup>3</sup>  
STEL = 5 ppm , 13 mg/m<sup>3</sup>

PEL Bisulfito sódico TWA = 5 mg/m<sup>3</sup>  
Bióxido de azufre TWA = 2 ppm , 5 mg/m<sup>3</sup>  
STEL = 5 ppm , 13 mg/m<sup>3</sup>

**Límites permisibles ponderado (LPP) y Temporal (LPT)** :

**Protección respiratoria**

: En caso de formarse cantidades significativas de nieblas, vapores o aerosoles, utilizar mascarilla. Utilizar una mascarilla adecuada en caso de que se sobrepasen los límites de exposición autorizados

**Guantes de protección**

: Guantes de neopreno, Guantes de caucho nitrilo, Guantes de caucho butilo, Guantes de PVC

**Protección de la vista**

: Llevar gafas de seguridad química (ajustadas al contorno del rostro).

**Otros equipos de protección**

: Usar ropa de protección estándar

**Ventilación**

: Se recomienda ventilación general. Se puede necesitar aspiración local cuando se generen polvos o nieblas

#### Sección 9: Propiedades Físicas y Químicas

**Estado Físico**

: Líquido.

**Apariencia y olor**

: Amarillo. Olor penetrante.

Concentración	: 30%
Viscosidad	: 2.8 cps a 25°C
pH	: 4.1
Temperatura de descomposición	: T° de congelación = 1,1 °C T° de ebullición = 104 °C
Punto de inflamación	: Ninguno
Temperatura de Autoignición	:
Propiedades explosivas	:
Peligros de fuego y explosión	:
Presión de vapor a 25°C	: 32 mmHg
Densidad de vapor	: 2.2 (aire =1)
Densidad relativa a 25°C	: 1,37 gr/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua y otros solventes	: completamente soluble

#### Sección 10: Estabilidad y Reactividad

Estabilidad	: Estable en condiciones normales.
Condiciones que deben evitarse	: Temperatura de congelación
Incompatibilidad (materiales que deben evitarse)	: El contacto con oxidantes fuertes (por ej. cloro, peróxidos, cromatos, ácido nítrico, perclorato, oxígeno concentrado, permanganatos) puede generar calor, fuego, explosiones y/o vapores tóxicos. El contacto con ácidos fuertes (por ej. sulfúrico, fosfórico, nítrico, clorhídrico, crómico, sulfónico) puede generar calor, salpicaduras o ebullición, y vapores tóxicos. El SO <sub>2</sub> puede reaccionar con los vapores de las aminas neutralizantes y puede producir una nube visible de partículas de sal de amina
Productos peligrosos de la descomposición	:
Productos peligrosos de la combustión	: Bajo condiciones de incendio: Óxidos de Azufre.
Polimerización peligrosa	: No ocurre polimerización peligrosa

#### Sección 11: Información Toxicológica

Toxicidad aguda	: Toxicidad Oral Aguda LD50 = 4,1 g/kg (Ratas)
-----------------	--

Toxicidad Dérmica Aguda LD50 = 3 g/kg (Ratas)	
Toxicidad crónica o de largo plazo	:
Efectos locales	:
Sensibilización alérgica	: Los sulfitos pueden causar una reacción alérgica en individuos sensibilizados
Información adicional	: Ninguno de los componentes del producto figura como cancerígeno en la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, International Agency for Research on Cancer), en el Programa Nacional de Toxicología (NTP, National Toxicology Program), o en la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists).
<b>Sección 12: Información Ecológica</b>	
Inestabilidad	:
Persistencia / Degradabilidad	:
Bioacumulación	: Se espera que este preparado o material que no genere bioacumulación
Efectos sobre el ambiente	: Toxicidad aguda en peces = Esencialmente no tóxico Toxicidad aguda en invertebrados = Esencialmente no tóxico
De acuerdo con nuestra caracterización de peligro, el potencial de peligro para el medio ambiente es: Bajo	
Basado en nuestra recomendación para la aplicación del producto y en las características del mismo, el potencial de exposición para el medio ambiente es: Alto.	

**Sección 13: Consideraciones sobre disposición final**

Método de eliminación del producto en los residuos :  
Eliminación de envases y embalajes contaminados :

**Sección 14: Información sobre transporte**

Nch 1290, marcas aplicables : 8.- Corrosivo

Nº Naciones Unidas (NU) : 2693

**Sección 15: Normas Vigentes**

Normas internacionales aplicables :


Normas nacionales aplicables :

Marca en etiqueta : Corrosivo

**Sección 16: Otras Informaciones**



#### D. Antiincrustante.




**GENESYS**  
INTERNATIONAL


**Genesis SW**  
Antiincrustante – Agua de mar

[www.genesysro.com](http://www.genesysro.com)

**Previene las incrustaciones**



**Específico para carbonato cálcico**



**Descripción**  
Genesis SW ha sido formulado como antiincrustante de amplio espectro para empleo en sistemas de de desalación de agua de mar. Es altamente efectivo en la prevención de incrustaciones, reduciendo la frecuencia de limpieza y sustitución de las membranas.

Genesis SW permite el diseño y operación de estos sistemas con altas conversiones, reduciendo el volumen de agua de aporte y rechazo para vertido. De esta forma pueden alcanzarse ahorros significativos tanto en los costes de inversión como de explotación.

**Guía de aplicación**  
Genesis SW debe dosificarse de forma continua en el agua de alimentación, antes de los filtros de seguridad. La dosis típica varía entre 0.8-1.5 mg/L. La dosificación óptima en cada caso puede calcularse usando el programa Genesis Membrane Products®. Genesis SW puede dosificarse puro o diluido al ser miscible en agua en cualquier proporción.


**Seguridad y uso**  
Genesis SW es una solución acuosa de un ácido policarboxílico neutralizado. Genesis SW es compatible con laceros al carbono y los materiales de construcción habituales. La ficha de datos de seguridad del producto está disponible bajo pedido.

**Clasificación**  
CPL: Sin clasificar | UN: No peligroso

**Características**

Apariencia:	líquido amarillo pálido
pH (al que se suministra):	8.4 – 8.6
Densidad (a 20°C):	1.15 – 1.17
Punto de congelación:	<-0°C

**Envasado y caducidad**  
Disponible en envases de 25 Kg, 200 Kg y 1.150 Kg (IBC). El periodo máximo de almacenaje recomendado es de 2 años.



ISO 9001 / ISO 27000

**Información adicional:**  
**Genesis Membrane Products S.L.**  
C/ Londres 38, Oficina 204  
28232 Las Rozas, Madrid (España)  
Tel: + 34 91 666 73 16  
E-mail: [genesys@genesysro.com](mailto:genesys@genesysro.com)  
[www.genesysro.com](http://www.genesysro.com)

Genesis International – UK  
Genesis Latin America - Chile  
Genesis Middle East - Jordan  
Genesis North America - USA  
Genesis Pacific - Singapore

E. Hidróxido cálcico.



**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**  
**Calcio hidróxido, Analytical Grade, Ph EUR, USP, BP**

**1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**

**1.1. Identificador del producto**

Nombre comercial : Calcio hidróxido, Analytical Grade, Ph EUR, USP, BP  
Código del producto : CAHY-90A-500  
Identificación del producto : Calcio hidróxido  
N° CAS :001305-62-0  
N° EC :215-137-3  
N° Índice :—  
Fórmula química :  $\text{Ca}(\text{OH})_2$

**1.2. Usos pertinentes conocidos de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados**

Uso : Uso exclusivo de laboratorio. Reservado para uso profesional.

**1.3. Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad**

Identificación de la Compañía : labbox labware s.l.  
Remences, 102  
08304 Mataró (Barcelona) SPAIN  
Tel.: +34 937 552 084 - Fax: +34 937 909 532  
E-mail: info@labkem.com  
Web: www.labkem.com

**1.4. Teléfono de emergencia**

Número de teléfono : Tel. +34 937 552 084 [ Horario de oficina ]

**2. Identificación de los peligros**

**2.1. Clasificación de la sustancia o de la mezcla**

**Clasificación 67/548 CE o 1999/45 CE**

Clasificación : Xi; R37/38-41

**Códigos de clase y categoría de peligro, Reglamento (CE) N° 1272/2008 (CLP)**

Peligros para la salud : Irritación cutánea - Categoría 2 - Atención (CLP : Skin Corr. 2) H315  
Lesión ocular grave - Categoría 1 - Peligro (CLP : Eye Dam. 1) H318  
Toxicidad específica en determinados órganos - Exposiciones Única - Irritación de las vías respiratorias - Categoría 3 - Atención (CLP : STOT SE 3) H335

**2.2. Elementos de la etiqueta**

**Etiquetado 67/548 CE o 1999/45 CE**



**FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD**  
**Calcio hidróxido, Analytical Grade, Ph EUR, USP, BP**

**2. Identificación de los peligros /...**

**Símbolo(s)**



**Símbolo(s)**

: Xi : Irritante

**Frase(s) R**

: R41 : Riesgo de lesiones oculares graves.  
R37/38 : Irrita las vías respiratorias y la piel.

**Frase(s) S**

: S22 : No respirar el polvo.  
S24 : Evítase el contacto con la piel.  
S26 : En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.  
S39 : Usese protección para los ojos/la cara.

**Etiquetado Reglamento CE 1272/2008 (CLP)**

**Pictogramas de peligro**



**Palabra de advertencia**

: Peligro

**Indicación de peligro**

: H318 : Provoca lesiones oculares graves.  
H315 : Provoca irritación cutánea.  
H335 : Puede irritar las vías respiratorias.

**Consejos de prudencia**

• **Prevención**

: P280 : Llevar guantes, prendas, gafas y máscara de protección.  
P261 : Evítase respirar el polvo, el humo, el gas, la niebla, los vapores o el aerosol.

• **Respuesta**

: P302+P352 : EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL : Lavar con agua y jabón abundantes.  
P305+P351+P338 : EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS : Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.  
P304+P340 : EN CASO DE INHALACIÓN : Transportar a la persona al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.

• **Consideraciones relativas a la eliminación**

: P501 : Elimínese esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida de residuos especiales o peligrosos, conforme a la legislación local, regional, nacional y/o internacional.

**2.3. Otros peligros**

**Otros peligros**

: En condiciones normales ninguno.

**3. Composición/información sobre los componentes**

**Descripción química**

: Calcio hidróxido  
N° CAS :001305-62-0  
N° EC :215-137-3  
N° Índice :—  
Sustancia.

No contiene otros componentes o impurezas que puedan influir en la clasificación del producto.

Edición revisada no : 0  
Fecha revisión : 14/3/2011

Página : 2 / 9  
Reemplaza : 0/0/0



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### Calcio hidróxido, Analytical Grade, Ph EUR, USP, BP

#### 4. Primeros auxilios

##### 4.1. Descripción de los primeros auxilios

Inhalación	: Llame a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico si se encuentra mal. Transportar a la persona al exterior y mantenerla en reposo en una posición confortable para respirar.
Contacto con la piel	: Consulte a un médico. Se necesita un tratamiento específico (véase en esta etiqueta). En caso de irritación cutánea : Lavar con agua y jabón abundantes. Lave las prendas contaminadas antes de volverlas a utilizar.
Contacto con los ojos	: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando. Llame inmediatamente a un CENTRO DE INFORMACION TOXICOLOGICA o a un médico.
Ingestión	: NO provoque el vómito. Enjuáguese la boca. Consiga atención médica de emergencia.

##### 4.2. Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Síntomas relacionados con la utilización	: Provoca lesiones oculares graves. Provoca irritación cutánea. Puede irritar las vías respiratorias.
--	--

##### 4.3. Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Información general	: No administrar nada por vía oral a una persona en estado inconsciente. En caso de malestar, acúdase al médico (si es posible, muéstrese la etiqueta).
---------------------	---

#### 5. Medidas de lucha contra incendios

##### 5.1. Medios para extinguir incendios

Medios de extinción adecuados	: Espuma. Polvo seco. Dióxido de carbono. Agua nebulizada. Arena.
Medios de extinción inadecuados	: No utilizar chorro directo de agua.
Fuegos vecinos	: Utilice agua atomizada o nebulizada para enfriar los envases expuestos al fuego.

##### 5.2. Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Productos peligrosos de la combustión	: En caso de incendio, pueden producirse humos perjudiciales para la salud.
---------------------------------------	---

##### 5.3. Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Protección en caso de incendio	: No entre en la zona del incendio sin el equipo protector adecuado, incluyendo protección respiratoria.
Procedimientos especiales	: Tomar las precauciones habituales en caso de incendio químico. Evite que el agua (sobrante) de extinción del fuego afecte el entorno.



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### Calcio hidróxido, Analytical Grade, Ph EUR, USP, BP

#### 6. Medidas en caso de vertido accidental

##### 6.1. Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

- Para el personal de emergencia : Equipe al personal de limpieza con los medios de protección adecuados. Ventilar la zona.
- Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia : Evacuar el personal no necesario.

##### 6.2. Precauciones para la protección del medio ambiente

- Precauciones para la protección del medio ambiente : Evite que penetre en el alcantarillado y las conducciones de agua. Si el producto alcanza los desagües o las conducciones públicas de agua, notifíquelo a las autoridades.

##### 6.3. Métodos y material de contención y de limpieza

- Métodos de limpieza : Almacenar alejado de otras materias. Si está en el suelo, barrer o recoger (pala o similar) para depositar en recipientes apropiados. Limite la producción de polvo.

##### 6.4. Referencia a otras secciones

Ver sección 8. Controles de exposición/protección individual

#### 7. Manipulación y almacenamiento

##### 7.1. Precauciones para una manipulación segura

- Manipulación : Lavarse concienzudamente tras la manipulación. Lavarse concienzudamente tras la manipulación. Emplear únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.
- Medidas de protección técnicas : Procure una buena ventilación de la zona de procesamiento para evitar la formación de vapor.
- Precauciones especiales : Evítese respirar el polvo, el humo, el gas, la niebla, los vapores o el aerosol.

##### 7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

- Almacenamiento : Mantener el envase cerrado herméticamente. Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado.
- Almacenamiento - lejos de : Bases fuertes. Ácidos fuertes. Fuentes de ignición. Luz directa del sol.

##### 7.3. Usos específicos finales

- Usos específicos finales : Ninguno/a.

#### 8. Controles de exposición/protección individual

##### 8.1. Control de exposición

Edición revisada no : 0  
Fecha revisión : 14/3/2011

Página : 4 / 9  
Reemplaza : 0/0/0





## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### Calcio hidróxido, Analytical Grade, Ph EUR, USP, BP

#### 8. Controles de exposición/protección individual /...

##### Protección personal



- |  |  |
|--|--|
| Protección personal                    | : Evítese la exposición innecesaria.                   |
| • Protección de las vías respiratorias | : Utilice una mascarilla homologada.                   |
| • Protección de las manos              | : Llevar guantes.                                      |
| • Protección para la piel              | : Usar indumentaria protectora adecuada.               |
| • Protección para los ojos             | : Gafas químicas o gafas de seguridad.                 |
| • Otras                                | : No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización. |

##### 8.2. Parámetros de control

- |                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| VLA-ED [mg/m³]                   | : 5 |
| TLV® & OEL(UK) - Ceiling [mg/m³] | : 5 |

#### 9. Propiedades físicas y químicas

##### 9.1. Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| Estado físico a 20 °C                  | : Sólido.                |
| Color                                  | : Blanco.                |
| Olor                                   | : Inodoro.               |
| Umbral olfativo                        | : Sin datos disponibles. |
| Valor de pH                            | : 12.6 (20°C)            |
| Punto de fusión [°C]                   | : 550                    |
| Punto de decomposición [°C]            | : Sin datos disponibles. |
| Temperatura crítica [°C]               | : No aplica.             |
| Temperatura de auto-inflamación [°C]   | : Sin datos disponibles. |
| Inflamabilidad                         | : Sin datos disponibles. |
| Punto de inflamación [°C]              | : No inflamable.         |
| Punto de ebullición [°C]               | : 2850                   |
| Punto de ebullición inicial [°C]       | : No aplica.             |
| Punto de ebullición final [°C]         | : No aplica.             |
| Descomposición térmica [°C]            | : 550 y 600              |
| Tasa de evaporación                    | : No aplica.             |
| Presión de vapor [20°C]                | : Sin datos disponibles. |
| Densidad de vapor                      | : Sin datos disponibles. |
| Densidad [g/cm³]                       | : 2.24 (20°C)            |
| Densidad [g/cm³]                       | : Sin datos disponibles. |
| Densidad relativa del líquido (agua=1) | : No aplica.             |
| Solubilidad en agua [mg/l]             | : 1700                   |
| Solubilidad en agua                    | : Sin datos disponibles. |

Edición revisada no : 0  
Fecha revisión : 14/3/2011

Página : 5 / 9  
Reemplaza : 0/0/0



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### Calcio hidróxido, Analytical Grade, Ph EUR, USP, BP

#### 9. Propiedades físicas y químicas /...

Log Pow octanol / agua a 20°C : Sin datos disponibles.  
Viscosidad a 40°C [mm<sup>2</sup>/s] : Sin datos disponibles.

##### 9.2. Información adicional

Propiedades explosivas : Sin datos disponibles.  
Límites de explosión - Superior [%] : Sin datos disponibles.  
Límites de explosión - Inferior [%] : Sin datos disponibles.  
Propiedades comburentes : Sin datos disponibles.

#### 10. Estabilidad y reactividad

##### 10.1. Reactividad

Reactividad : No se ha establecido.

##### 10.2. Estabilidad

Estabilidad química : Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.

##### 10.3. Posibilidad de reacciones peligrosas

Reacciones peligrosas : No se ha establecido.

##### 10.4. Condiciones a evitar

Condiciones a evitar : Luz directa del sol. Temperaturas extremadamente altas o extremadamente bajas.

##### 10.5. Materiales a evitar

Materiales a evitar : Ácidos fuertes. Bases fuertes.

##### 10.6. Productos de descomposición peligrosos

Productos de descomposición peligrosos : Humos. Monóxido de carbono. Dióxido de carbono.

#### 11. Información toxicológica

##### 11.1. Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda  
• Inhalación : A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.  
• Dérmica : A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.  
• Ingestión : A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.  
- DL50 oral en rata [mg/kg] : 7340  
Corrosividad : Provoca lesiones oculares graves.

Edición revisada no : 0  
Fecha revisión : 14/3/2011

Página : 6 / 9  
Reemplaza : 0/0/0



## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### Calcio hidróxido, Analytical Grade, Ph EUR, USP, BP

#### 11. Información toxicológica /...

Irritación	: Provoca irritación cutánea. Puede irritar las vías respiratorias.
Sensibilización	: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Mutagenicidad	: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Carcinogénesis	: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Tóxico para la reproducción	: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Toxicidad específica en determinados órganos-exposición única	: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Toxicidad específica en determinados órganos-exposición repetida	: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.
Peligro de aspiración	: A la vista de los datos disponibles, no se cumplen los criterios de clasificación.

#### 12. Información ecológica

##### 12.1. Toxicidad

Información sobre Toxicidad	: No se ha establecido.
CL50 96 H - pez [mg/l]	: 160 (Gambusia affinis)

##### 12.2. Persistencia - degradabilidad

Persistencia - degradabilidad	: No se ha establecido.
-------------------------------	-------------------------

##### 12.3. Potencial de bioacumulación

Potencial de bioacumulación	: No se ha establecido.
-----------------------------	-------------------------

##### 12.4. Movilidad en el suelo

Movilidad en el suelo	: No se ha establecido.
-----------------------	-------------------------

##### 12.5. Resultados de la valoración PBT y MPMB

Resultados de la valoración PBT y mPmB	: La sustancia no cumple los criterios para ser identificada como PBT o mPmB de conformidad con el anexo XIII del Reglamento REACH.
--	---

##### 12.6. Otros efectos adversos

Precauciones para la protección del medio ambiente	: Evítese su liberación al medio ambiente.
--	--

#### 13. Consideraciones relativas a la eliminación

##### 13.1. Métodos para el tratamiento de residuos

General	: Evítese su liberación al medio ambiente. Eliminación o vertido de acuerdo a la legislación local/nacional.
---------	--





## FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

### Calcio hidróxido, Analytical Grade, Ph EUR, USP, BP

#### 14. Información relativa al transporte

##### 14.1. Transporte terrestre (ADR-RID)

Información general : No regulado.

##### 14.2. Transporte marítimo (IMDG) [English only]

Información general : No regulado.

##### 14.3. Transporte aéreo (ICAO-IATA) [English only]

Información general : No regulado.

#### 15. Información reglamentaria

##### 15.1. Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente : Asegúrese que se cumplen las normativas nacionales y locales.

##### 15.2. Evaluación de la seguridad química

Evaluación de la seguridad química : No se ha llevado a cabo.

#### 16. Otras informaciones

Revisión : Revision - Ver : \*

Abreviaturas y acrónimos : PBT: persistente, bioacumulable y tóxica.  
mPmB: muy persistente y muy bioacumulable

Fuente de los datos utilizados : REGLAMENTO (CE) No 1272/2008 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) no 1907/2006

Lista de frases H referenciadas (sección 3) : H318 : Provoca lesiones oculares graves.  
H315 : Provoca irritación cutánea.  
H335 : Puede irritar las vías respiratorias.

Información adicional : Ninguna/a.

El contenido y el formato de la Ficha de Seguridad es conforme al reglamento REACH (CE) N° 1907/2006 y Reglamento CLP (CE) 1272/2008.

**RENUNCIA DE RESPONSABILIDAD** La información en esta Ficha de Seguridad fue obtenida de fuentes que creemos son fidedignas. Sin embargo, la información se proporciona sin ninguna garantía, expresa o implícita en cuanto a su exactitud. Las condiciones o métodos de manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto están más allá de nuestro control y posiblemente también más allá de nuestro conocimiento. Por esta y otras razones, no asumimos ninguna responsabilidad y descartamos cualquier responsabilidad por pérdida, daño o gastos ocasionados por o de cualquier manera relacionados con el manejo, almacenamiento, uso o eliminación del producto. Esta Ficha de Seguridad fue preparada y debe ser usada solo para este producto. Si el producto es usado como un componente de otro producto, es posible que esta información de Seguridad no sea aplicable.

Edición revisada no : 0  
Fecha revisión : 14/3/2011

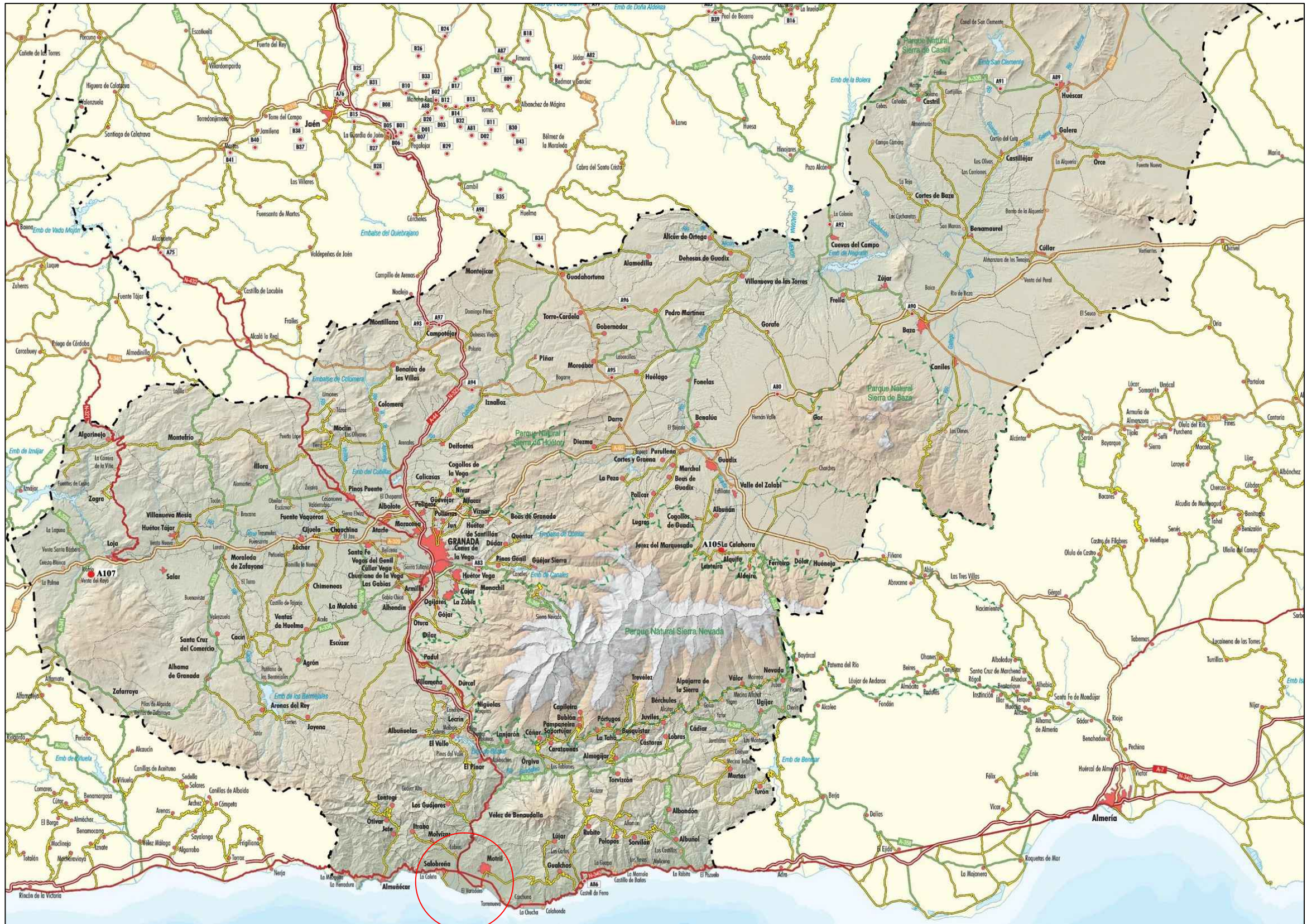
Página : 8 / 9  
Reemplaza : 0/0/0

# DOCUMENTO II: PLANOS

## DOCUMENTO II - PLANOS

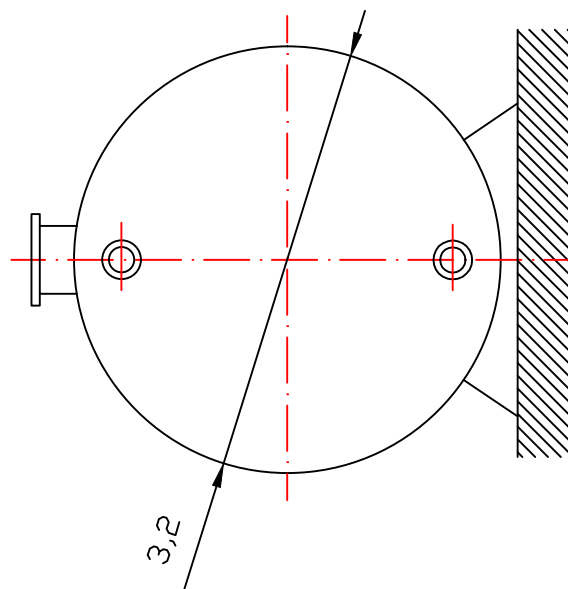
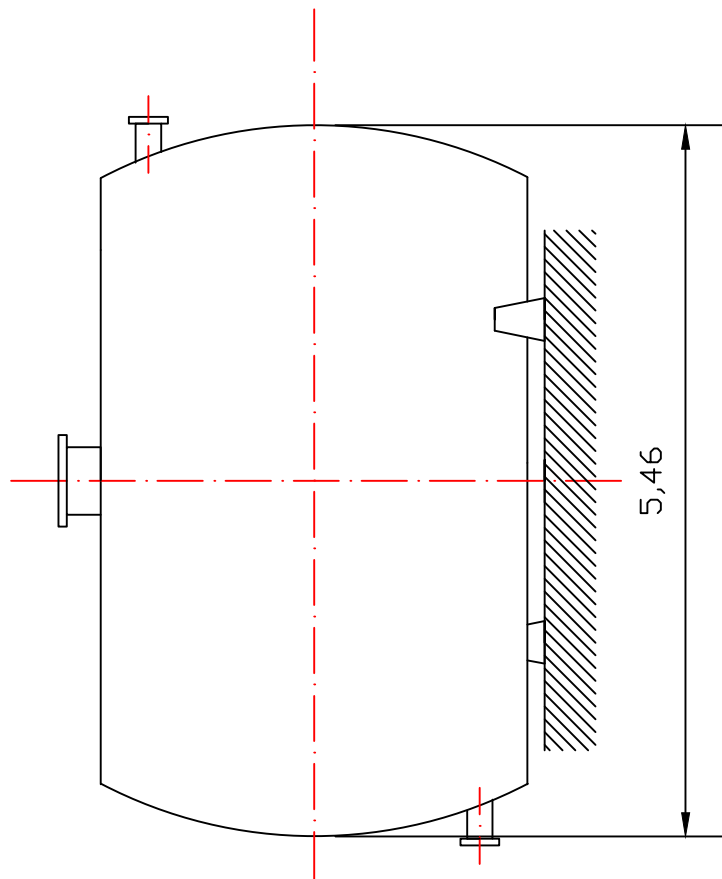
1. Situación de la planta .....	439
2. Emplazamiento .....	440
3. Distribución de la planta.....	441
4. Diagrama de procesos .....	442
5. Diagrama de flujo e instrumentación I.....	443
6. Diagrama de flujo e instrumentación II .....	444
7. Filtro de arena .....	445
8. Portafiltros de filtros de cartuchos .....	446
9. Depósitos cilíndricos verticales .....	447
10. Depósito de equilibrio osmótico .....	448
11. Depósito inicial.....	449
12. Isométrico de la planta .....	450



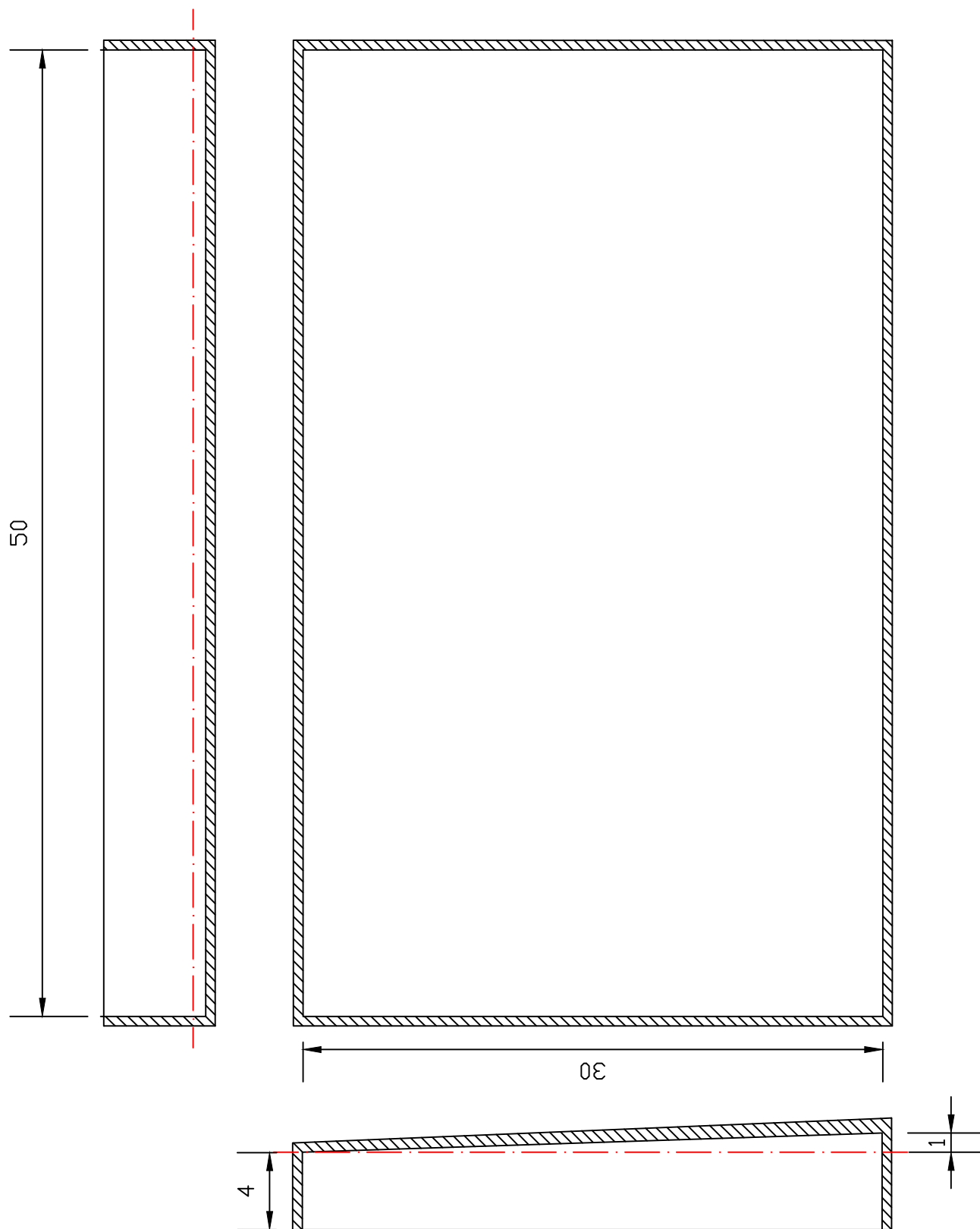


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS  INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ		
COMPROBADO				
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"			
	"SITUACIÓN"			PLANO Nº 1



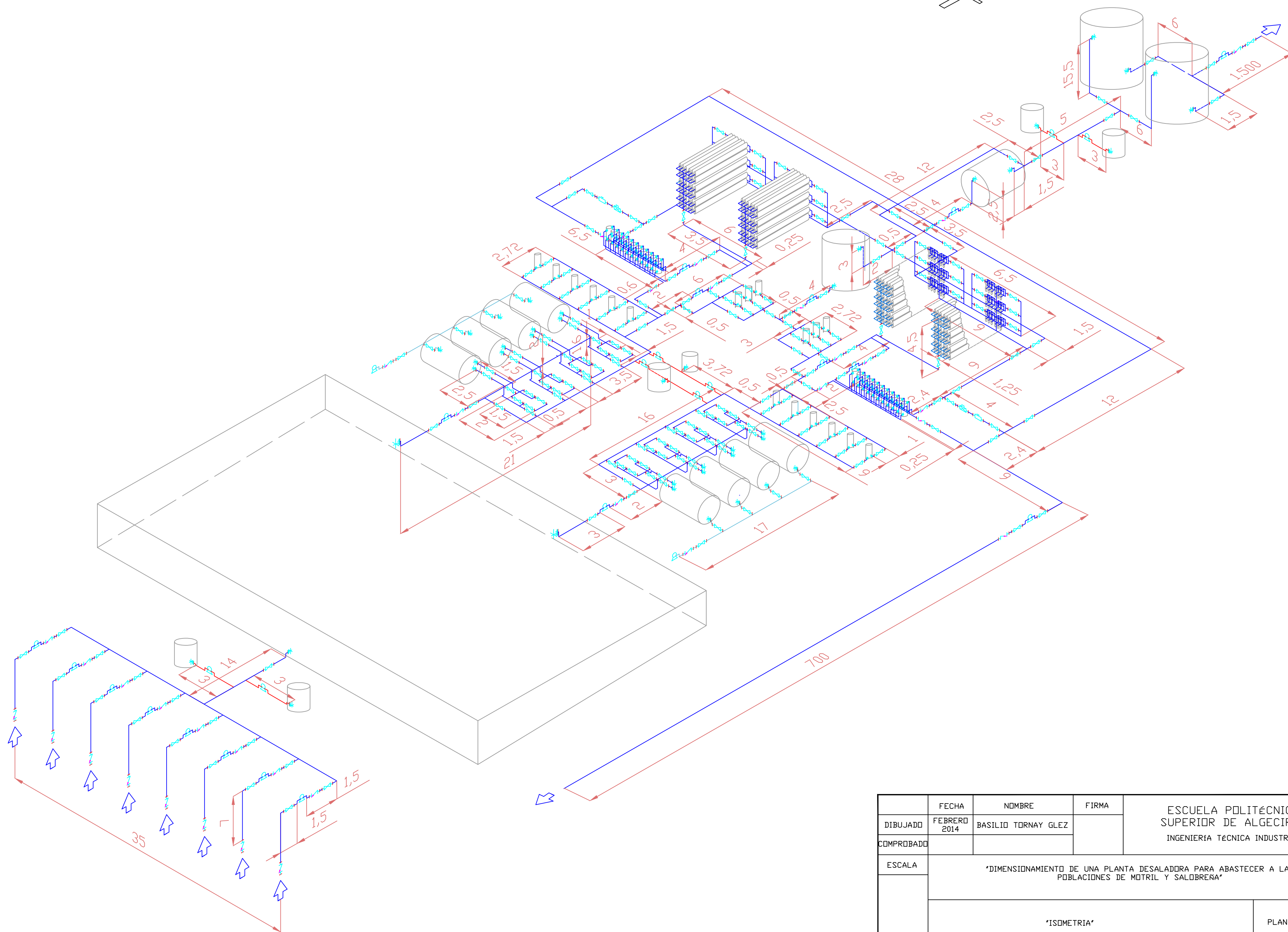
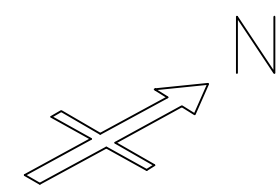


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ		
COMPROBADO				
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"			
	"DEPÓSITO DE EQUILIBRIO QUÍMICO"			PLANO Nº 10



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ		
COMPROBADO				
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"			
	"DEPÓSITO INICIAL"			PLANO Nº 11





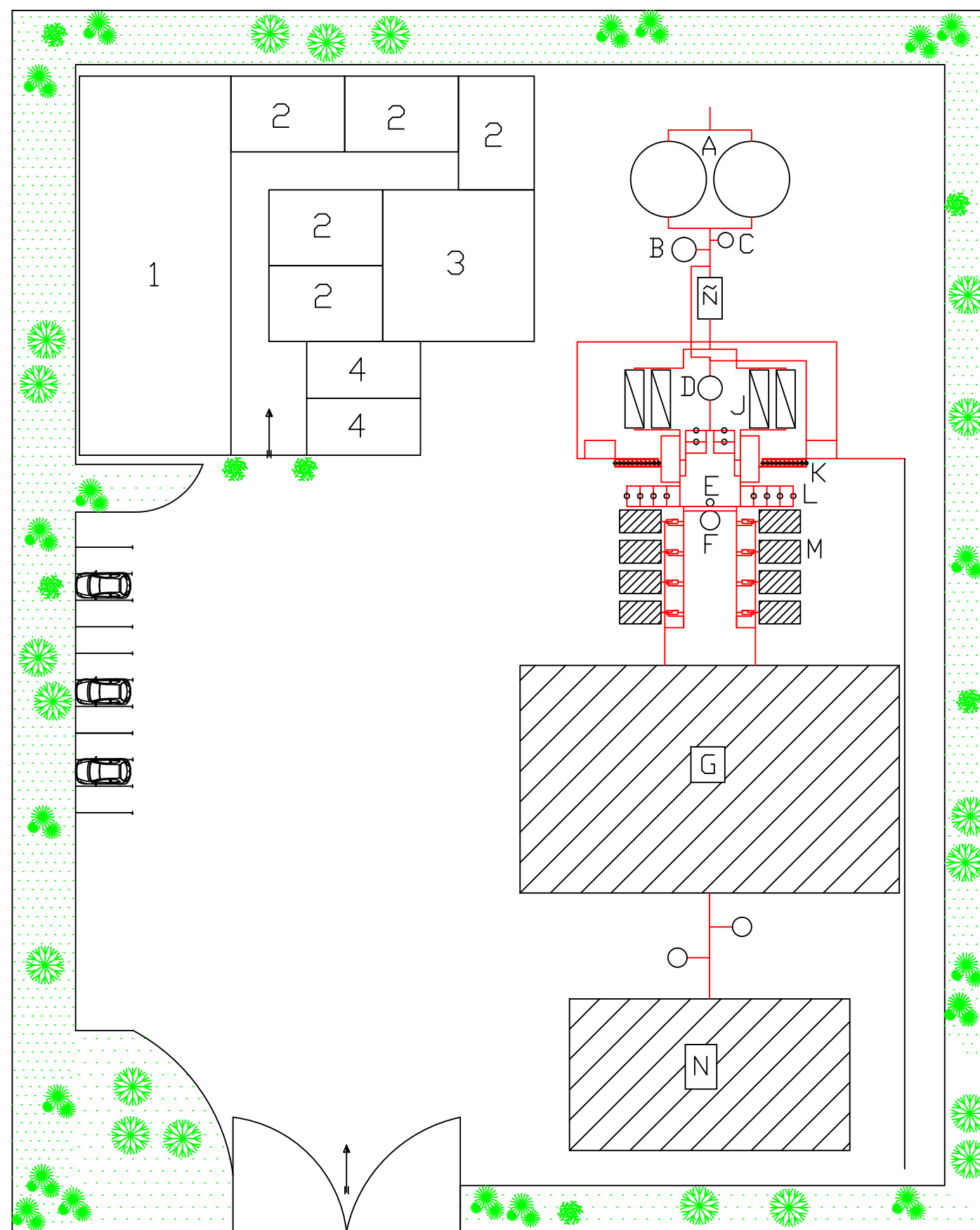
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL	
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ			
COMPROBADO				*DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBRÉNA*	
ESCALA					
	*ISOMETRIA*				PLANO Nº 12





	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL	
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ			
COMPROBADO					
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"				
					PLANO Nº 2
				"EMPLAZAMIENTO"	



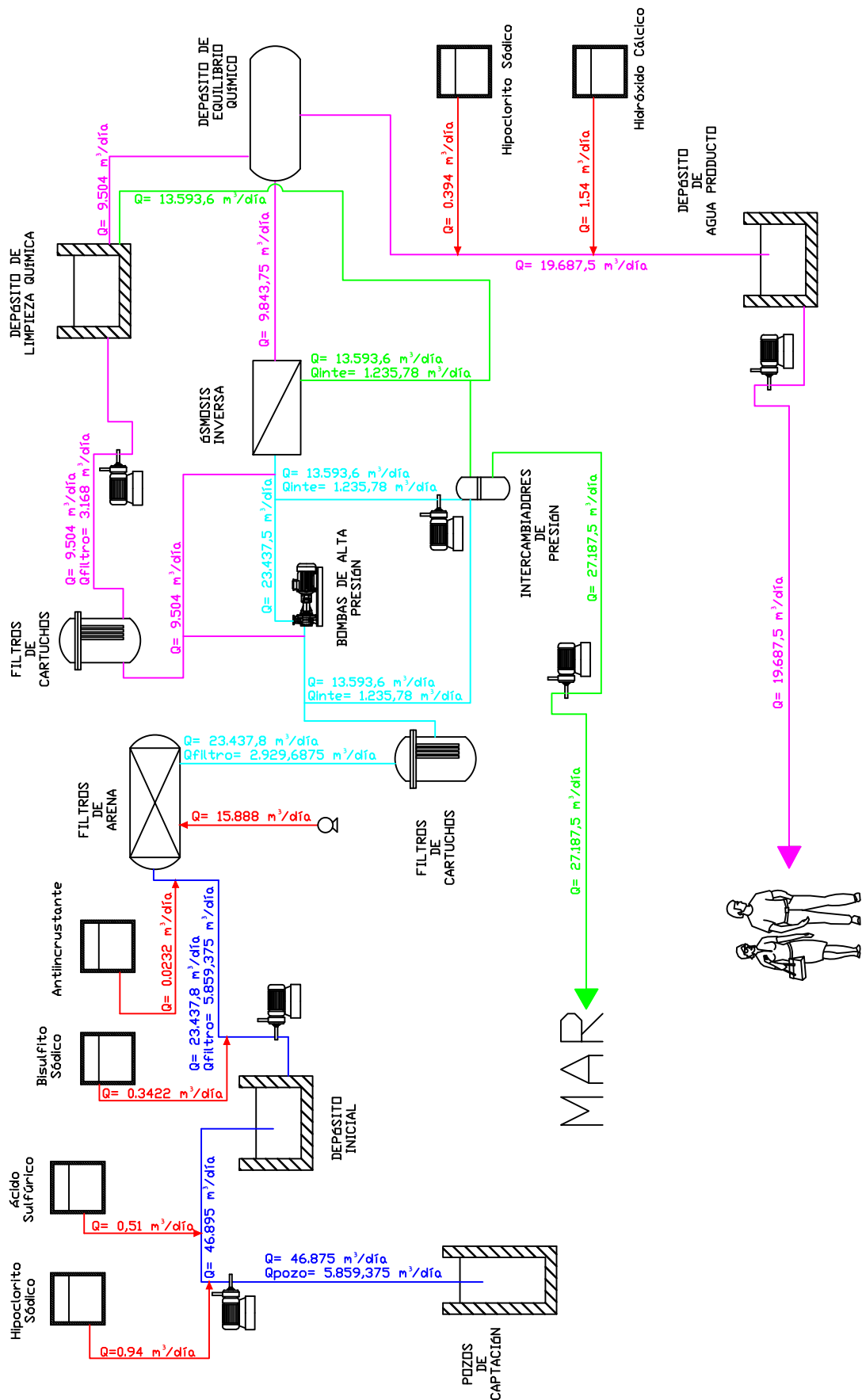


## LEYENDA

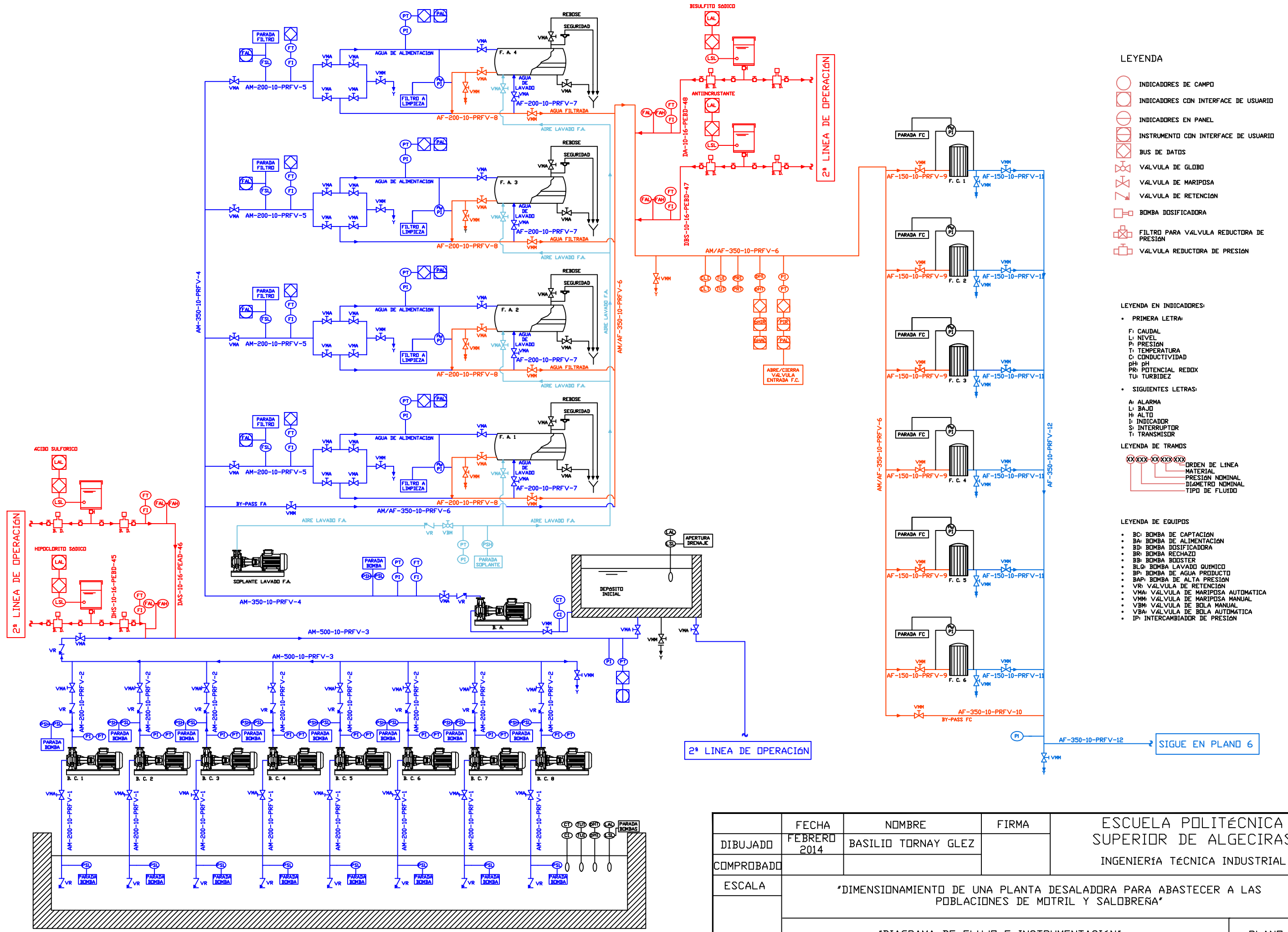
- 1: ALMACÉN/TALLER  
2: OFICINAS  
3: SALA DE CONTROL  
4: ASEDOS  
5: LABORATORIO  
6: CASETA DE TOMA DE MUESTRAS

- A: DEPÓSITO AGUA PRODUCTO  
B: DEPÓSITO HIDRÓXIDO CÁLCICO  
C: DEPÓSITO HIPOCLORITO SÓDICO  
(POST-TRATAMIENTO)  
D: DEPÓSITO DE LIMPIEZA QUÍMICA  
E: DEPÓSITO ANTIINCRUSTANTE  
F: DEPÓSITO BISULFITO SÓDICO  
G: DEPÓSITO INICIAL  
H: DEPÓSITO ÁCIDO SULFÚRICO  
I: DEPÓSITO HIPOCLORITO SÓDICO  
(PRE-TRATAMIENTO)  
J: UNIDAD DE ÓSMOSIS INVERSA  
K: INTERCAMBIADORES DE PRESIÓN  
L: FILTROS DE CARTUCHOS  
M: FILTROS DE ARENA  
N: POZO DE CAPTACIÓN  
Ñ: DEPÓSITO DE EQUILIBRIO QUÍMICO

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ		
COMPROBADO				
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"			
	"DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA"			PLANO Nº 3



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ		
COMPROBADO				
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"			
	"DIAGRAMA DE PROCESOS"			PLANO Nº 4



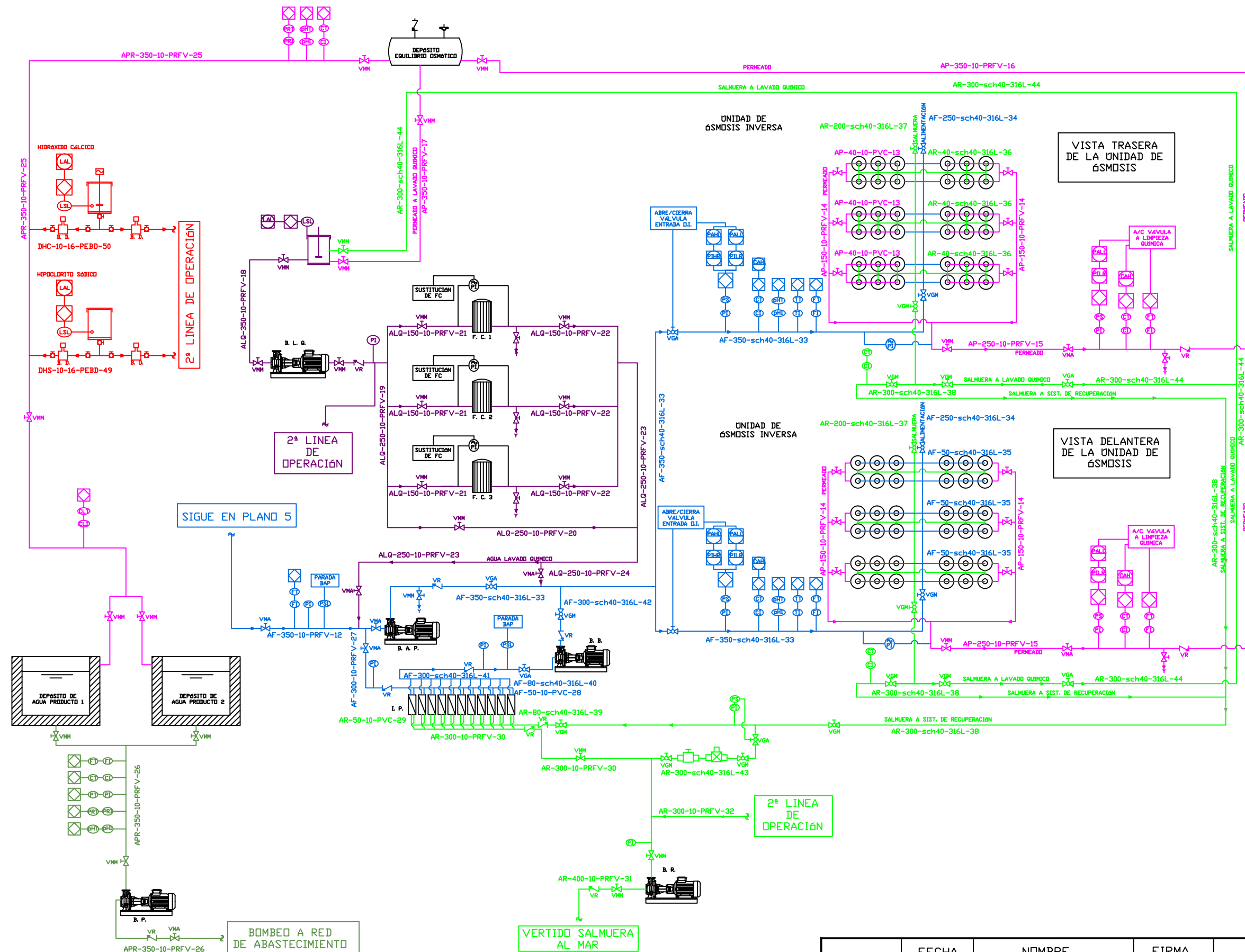
- LEYENDA
- INDICADORES DE CAMPO
  - INDICADORES CON INTERFACE DE USUARIO
  - INDICADORES EN PANEL
  - INSTRUMENTO CON INTERFACE DE USUARIO
  - BUS DE DATOS
  - VALVULA DE GLOBO
  - VALVULA DE MARIPOSA
  - VALVULA DE RETENCIÓN
  - BOMBA DOSIFICADORA
  - FILTRO PARA VALVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
  - VALVULA REDUCTORA DE PRESIÓN

- LEYENDA EN INDICADORES:
- PRIMERA LETRA:
    - F: CAUDAL
    - L: NIVEL
    - P: PRESIÓN
    - T: TEMPERATURA
    - C: CONDUCTIVIDAD
    - pH: pH
    - PR: POTENCIAL REDOX
    - TU: TURBIDEZ
  - SIGUIENTES LETRAS:
    - A: ALARMA
    - B: BAJO
    - H: ALTO
    - I: INDICADOR
    - S: INTERRUPTOR
    - T: TRANSMISOR

- LEYENDA DE TRAMOS
- XX-XX-XX-XX-XX: ORDEN DE LINEA
  - XX-XX-XX-XX-XX: MATERIAL
  - XX-XX-XX-XX-XX: PRESIÓN NOMINAL
  - XX-XX-XX-XX-XX: DIÁMETRO NOMINAL
  - XX-XX-XX-XX-XX: TIPO DE FLUIDO

- LEYENDA DE EQUIPOS
- BC: BOMBA DE CAPTACIÓN
  - BA: BOMBA DE ALIMENTACIÓN
  - BD: BOMBA DOSIFICADORA
  - BR: BOMBA RECHAZO
  - BB: BOMBA BOOSTER
  - BLQ: BOMBA LAVADO QUÍMICO
  - BP: BOMBA DE AGUA PRODUCTO
  - BAP: BOMBA DE ALTA PRESIÓN
  - VR: VALVULA DE RETENCIÓN
  - VMA: VALVULA DE MARIPOSA AUTOMÁTICA
  - VMM: VALVULA DE MARIPOSA MANUAL
  - VBM: VALVULA DE BOLA MANUAL
  - VBA: VALVULA DE BOLA AUTOMÁTICA
  - IP: INTERCAMBIADOR DE PRESIÓN

DIBUJADO	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUOLA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ		
COMPROBADO				
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"			
	"DIAGRAMA DE FLUJO E INSTRUMENTACIÓN"			PLANO Nº 5



### LEYENDA

- INDICADORES DE CAMPO
- INDICADORES CON INTERFACE DE USUARIO
- INDICADORES EN PANEL
- INSTRUMENTO CON INTERFACE DE USUARIO
- BUS DE DATOS
- VALVULA DE GLOBO
- VALVULA DE MARIPOSA
- VALVULA DE RETENCIÓN
- BOMBA DOSIFICADORA
- FILTRO PARA VALVULA REDUCTORA DE PRESIÓN
- VALVULA REDUCTORA DE PRESIÓN

### LEYENDA EN INDICADORES:

- PRIMERA LETRA:
  - F: CAUDAL
  - L: NIVEL
  - P: PRESIÓN
  - T: TEMPERATURA
  - C: CONDUCTIVIDAD
  - pH: pH
  - TU: TURBIDEZ
  - PR: POTENCIAL REDOX
- SIGUIENTES LETRAS:
  - A: ALARMA
  - L: BAJO
  - H: ALTO
  - I: INDICADOR
  - S: INTERRUPTOR
  - T: TRANSMISOR

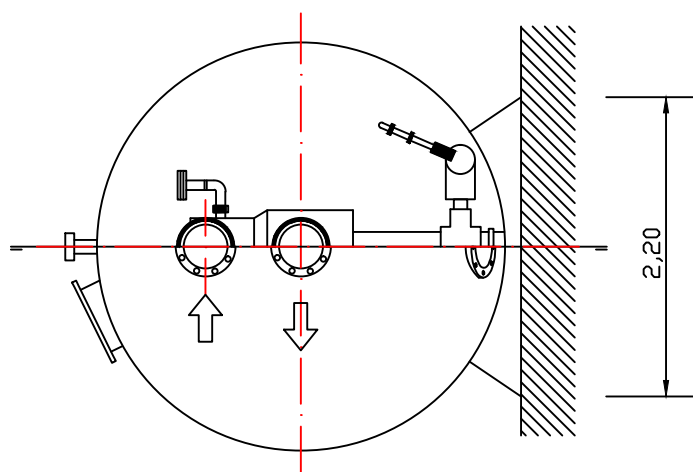
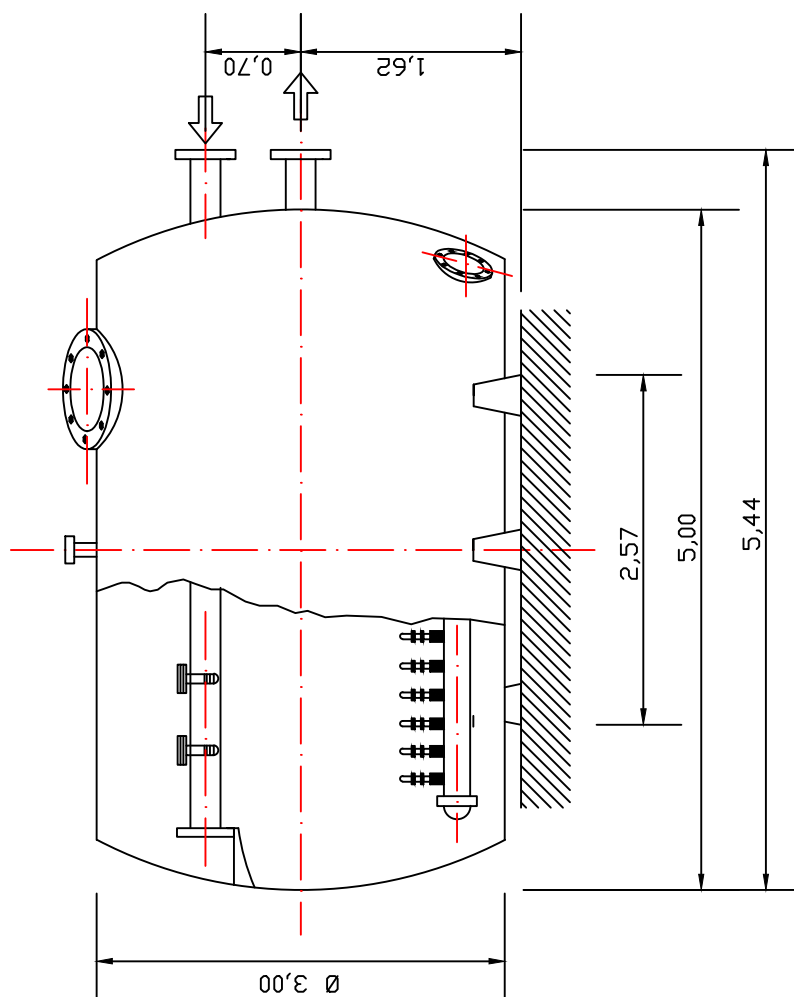
### LEYENDA DE TRAMOS

- XXXX-XXX-XXX-XXX: ORDEN DE LINEA
- XXXX-XXX-XXX-XXX: MATERIAL
- XXXX-XXX-XXX-XXX: PRESIÓN NOMINAL
- XXXX-XXX-XXX-XXX: DIÁMETRO NOMINAL
- XXXX-XXX-XXX-XXX: TIPO DE FLUIDO

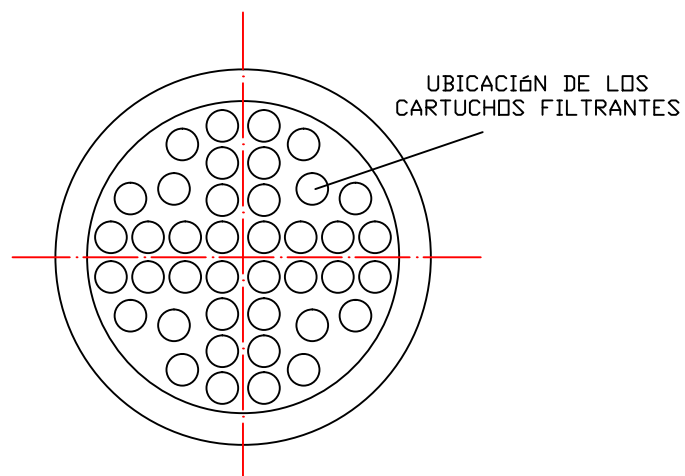
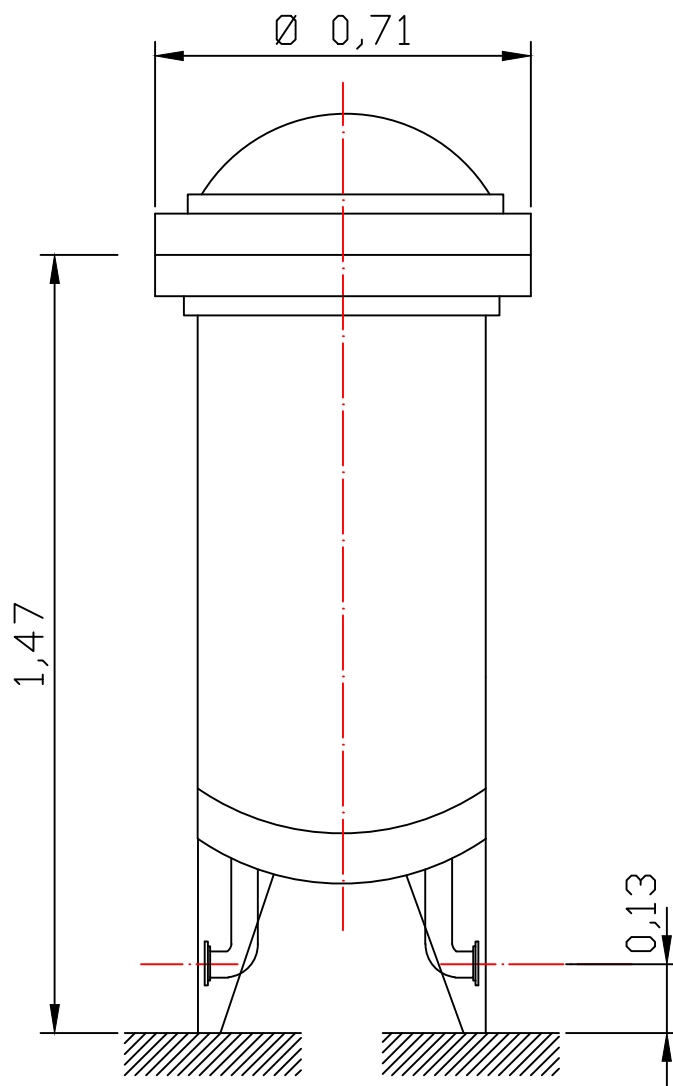
### LEYENDA DE EQUIPOS

- B.C.: BOMBA DE CAPTACIÓN
- B.A.: BOMBA DE ALIMENTACIÓN
- B.D.: BOMBA DOSIFICADORA
- B.R.: BOMBA RECHAZO
- B.B.: BOMBA BOOSTER
- B.L.Q.: BOMBA LAVADO QUÍMICO
- B.P.: BOMBA DE AGUA PRODUCTO
- B.A.P.: BOMBA DE ALTA PRESIÓN
- V.R.: VALVULA DE RETENCIÓN
- V.M.: VALVULA DE MARIPOSA AUTOMÁTICA
- V.M.H.: VALVULA DE MARIPOSA MANUAL
- V.B.M.: VALVULA DE BOLA MANUAL
- V.B.A.: VALVULA DE BOLA AUTOMÁTICA
- I.P.: INTERCAMBIADOR DE PRESIÓN

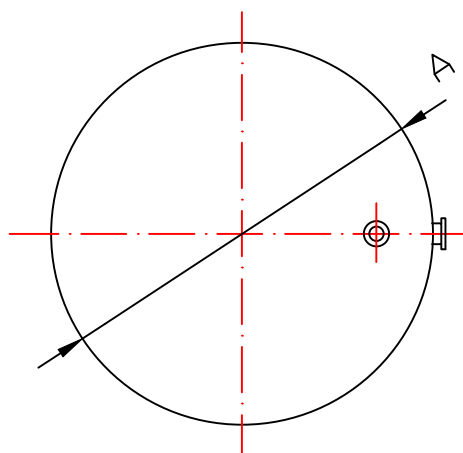
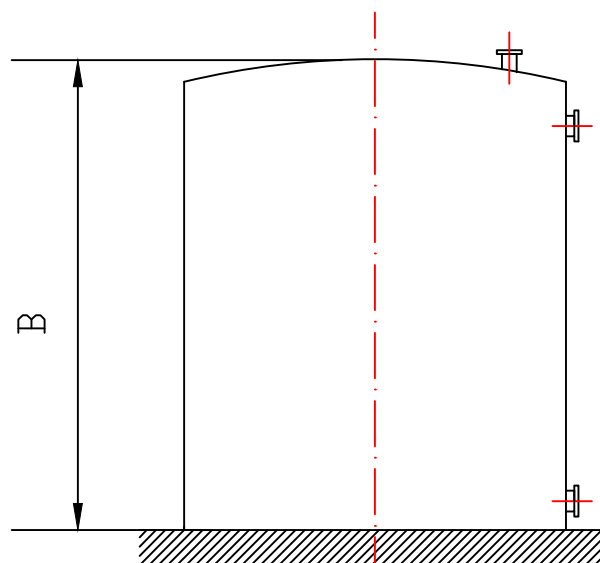
DIBUJADO	FECHA FEBRERO 2014	NOMBRE BASILIO TORNAY GLEZ	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS  INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL	
COMPROBADO				"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"	
ESCALA					
				"DIAGRAMA DE FLUJO E INSTRUMENTACIÓN"	
				PLANO Nº 6	



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS  INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ		
COMPROBADO				
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"			
	"FILTRO DE ARENA"			PLANO Nº 7



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ		
COMPROBADO				
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"			
				"FILTRO DE CARTUCHO" PLANO Nº 8



DEPÓSITO	A (DIÁMETRO)	B (ALTURA)
HIPOCLORITO SÓDICO (PRET)	2,5	4,465
ÁCIDO SULFÚRICO	2,5	2,835
BISULFITO SÓDICO	2,5	3,445
ANTIINCRUSTANTE	1	1,495
HIDRÓXIDO CÁLCICO	3,2	4,855
HIPOCLORITO SÓDICO (POST)	2	2,955
LIMPIEZA QUÍMICA	3,2	5,475
AGUA PRODUCTO	10	15,57

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS  INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	FEBRERO 2014	BASILIO TORNAY GLEZ		
COMPROBADO				
ESCALA	"DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA"			
	"DEPÓSITOS CILÍNDRICOS VERTICALES"			PLANO Nº 9



# DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO

## CAPÍTULO IV – PRESUPUESTO

<b>1. PRESUPUESTO .....</b>	<b>504</b>
1.1. Presupuesto parcial .....	506
1.2. Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) .....	513
1.3. Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C.) .....	514
1.4. Presupuesto General por Contrata .....	515
<b>2. GASTOS ANUALES.....</b>	<b>515</b>
2.1. Productos químicos.....	515
2.2. Reposición de membranas .....	516
2.3. Electricidad.....	516
2.4. Mantenimiento.....	520
2.5. Personal.....	520
2.6. Costes de control ambiental.....	521
2.7. Costes varios .....	521
<b>3. ESTUDIO ECONÓMICO.....</b>	<b>522</b>
3.1. Amortización de la inversión.....	522
3.2. Coste marginal anual.....	523
3.3. Coste del agua desalada .....	523
3.4. Análisis de aprovechamiento .....	524

## **1. PRESUPUESTO**

Este documento tiene como objetivo la estimación del presupuesto general de ejecución del proyecto, “DIMENSIONAMIENTO DE UNA PLANTA DESALADORA POR ÓSMOSIS INVERSA PARA ABASTECER A LAS POBLACIONES DE MOTRIL Y SALOBREÑA”. Por ello, se tendrá en cuenta el coste que supondrá el inmovilizado (equipos, conducciones y accesorios) y la mano de obra para la construcción y montaje de los equipos en la instalación proyectada.

En primer lugar se calculará el Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.) referente al precio de los equipos. A continuación, se incluirá el beneficio industrial y los gastos generales obteniéndose el Presupuesto de Ejecución por Contrata (P.E.C.). Por último, para obtener el presupuesto total, se añadirá el I.V.A., que supone un 21% del P.E.C.

En segundo lugar, se llevará a cabo un análisis detallado del gasto anual que supondrá la planta una vez puesta en marcha, en lo referente a materias primas y servicios auxiliares.

Por último, para comprobar la viabilidad de la planta y calcular el coste del agua desalada, se realizará un estudio económico, que incluirá tanto beneficios como rentabilidad.

### **1.1. Presupuesto parcial.**

A continuación se detallan los precios unitarios de manera orientativa de los elementos que componen la instalación proyectada.

El presupuesto se agrupa en las siguientes unidades:

- **Captación.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPO	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
8	Bomba de captación Serie FT (Fabricante BOMBAS ZEDA)	9.890,50	79.124,00
16	Válvula de retención	1.090,00	17.440,00
17	Válvula de mariposa	780,83	13.274,11
<b>PRESUPUESTO CAPTACIÓN</b>			<b>109.838,11</b>

Tabla 4. 1. Presupuesto del sistema de captación.

- **Filtración de arena.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
8	Filtros de arena (Fabricante POLTANK)	22.000,00	176.000,00
2	Motosoplante para lavado de filtros (Fabricante MAPNER)	5.000,00	10.000,00
80	Válvula de mariposa	780,83	62.466,40
4	Válvula de retención	1.090,00	4.360,00
<b>PRESUPUESTO FILTRACIÓN DE ARENA</b>			<b>252.826,40</b>

Tabla 4. 2. Presupuesto del sistema de filtración de arena.

- **Filtración de cartuchos.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
12	Filtros de cartuchos HIF 200 FL (Fabricante HARMSCO)	8.765,00	105.180,00
18	Válvula de mariposa	780,83	18.739,92
<b>PRESUPUESTO FILTRACIÓN DE CARTUCHOS</b>			<b>123.919,92</b>

Tabla 4. 3. Presupuesto del sistema de filtración por cartuchos.

- **Ósmosis inversa.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
1.000	Membranas de ósmosis inversa TM 820 C-400 (Fabricante TORAY)	920,00	920.000,00
144	Tubos de presión Serie 80 E 30 (Fabricante CODELINE)	1.243,15	179.013,60
40	Válvula de mariposa	780,83	19.233,20
4	Válvula de globo	2.184,00	8.736,00
2	Válvula de retención	1.090,00	2.180,00
2	Bomba de alta presión Serie MC (Fabricante SULZER)	58.764,00	117.528,00
<b>PRESUPUESTO ÓSMOSIS INVERSA</b>			<b>1.246.690,80</b>

Tabla 4. 4. Presupuesto del sistema de ósmosis inversa.

- **Salida de agua producto.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
1	Bomba de impulsión de agua producto Serie ZS-ZSR (Fabricante BOMBAS ZEDA)	17.562,21	17.562,21
4	Válvula de mariposa	780,83	3.123,32
1	Válvula de retención	1.090,00	1.090,00
<b>PRESUPUESTO DE SALIDA DE AGUA PRODUCTO</b>			<b>21.775,53</b>

Tabla 4. 5. Presupuesto del sistema de salida de agua producto.

- **Lavado de membranas.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
6	Filtros de cartuchos Serie HIF 200 FL (Fabricante HARMSCO)	8.765,00	52.590,00
1	Bomba de lavado químico Serie ZJ-ZK (Fabricante BOMBAS ZEDA)	17.562,21	17.562,21
23	Válvula de mariposa	780,83	17.959,09
1	Válvula de retención	1.090,00	1.090,00
1	Depósito de lavado químico Capacidad: 40m <sup>3</sup> (Fabricante ATERMIC)	10.350,00	10.350,00
<b>PRESUPUESTO LAVADO DE MEMBRANAS</b>			<b>99.551,30</b>

Tabla 4. 6. Presupuesto del sistema de limpieza química.

- **Sistema de recuperación de energía.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
22	Intercambiador de presión Serie PX-260 (Fabricante ERI)	16.000,00	352.000,00
2	Bomba booster Serie HPX-H (Fabricante FLOWSERVE)	36.395,00	72.790,00
8	Válvula de globo	2.184,00	17.472,00
10	Válvula de mariposa	780,83	7.808,30
5	Válvula de retención	1.090,00	5.450,00
2	Válvula reductora de presión	11.776,00	23.552,00
4	Filtros en "Y"	1.511,64	6.046,56
<b>PRESUPUESTO SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGIA</b>			<b>485.118,86</b>

Tabla 4. 7. Presupuesto del sistema de recuperación de energía.

- **Otras válvulas.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
9	Válvula de mariposa	780,83	7.027,47
<b>PRESUPUESTO OTRAS VÁLVULAS</b>			<b>7.027,47</b>

Tabla 4. 8. Presupuesto para otras válvulas.

- **Bombas.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
2	Bomba impulsión de alimentación	17.562,21	35.124,42

Serie ZS-ZSR (Fabricante BOMBAS ZEDA)			
1	Bomba impulsión de permeado Serie ZS-ZSR (Fabricante BOMBAS ZEDA)	17.562,21	17.562,21
1	Bomba impulsión de salmuera Serie ZS-ZSR (Fabricante BOMBAS ZEDA)	17.562,21	17.562,21
8	Bomba dosificadora Serie ECODOS (Fabricante LEWA)	435,00	3.480,00
<b>PRESUPUESTO BOMBAS</b>			<b>73.728,84</b>

Tabla 4. 9. Presupuesto de las bombas restantes.

- **Agitadores.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
2	Agitador Serie HPS3 (Fabricante FLUIDMIX)	635,45	1.270,90
<b>PRESUPUESTO AGITADORES</b>			<b>1.270,90</b>

Tabla 4. 10. Presupuesto de los agitadores.

- **Mezcladores estáticos.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
8	Mezclador estático Serie CompaX (Fabricante SULZER)	620,30	4.962,40



**PRESUPUESTO MEZCLADORES ESTÁTICOS**

**4.962,40**

Tabla 4. 11. Presupuesto de los mezcladores estáticos.

- **Depósitos.**

UNIDADES	DESCRIPCIÓN EQUIPOS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
1	Depósito inicial de hormigón armado Capacidad: 6.000m <sup>3</sup>	8.789,06	8.789,06
1	Depósito de equilibrio osmótico Capacidad: 40m <sup>3</sup> (Fabricante ATERMIC)	10.350,00	10.350,00
2	Depósito de agua producto Capacidad: 1.250m <sup>3</sup> (Fabricante ATERMIC)	17.275,00	34.550,00
1	Depósito de hipoclorito sódico (pre-tratamiento) Capacidad: 20m <sup>3</sup> (Fabricante ATERMIC)	5.350,00	5.350,00
1	Depósito de ácido sulfúrico Capacidad: 12,75m <sup>3</sup> (Fabricante AIQSA)	2.951,00	2.951,00
1	Depósito de bisulfito sódico Capacidad: 15m <sup>3</sup> (Fabricante ATERMIC)	3.980,00	3.980,00
1	Depósito de antiincrustante Capacidad: 1m <sup>3</sup> (Fabricante ATERMIC)	995,00	995,00
1	Depósito de hidróxido cálcico Capacidad: 35m <sup>3</sup>	7.650,00	7.650,00

(Fabricante ATERMIC)			
1	Depósito de hipoclorito sódico		
	(post-tratamiento)		
	Capacidad: 8m <sup>3</sup>	2.195,00	2.195,00
	(Fabricante ATERMIC)		
<b>PRESUPUESTO DEPÓSITOS</b>			<b>79.810,06</b>

Tabla 4. 12. Presupuesto de los depósitos.

- **Tuberías.**

METROS	TIPO DE TUBERÁS	COSTE UNITARIO (€)	TOTAL (€)
2.897,68	Tubería de PRFV	56,74	164.414,36
259,8	Tubería de acero 316L	226	58.714,8
26,88	Tubería de PPAD	4,77	128,22
29	Tubería de PVC	1,30	37,7
<b>PRESUPUESTO BOMBAS</b>			<b>73.728,84</b>

Tabla 4. 13. Presupuesto de las tuberías.

**1.2. Presupuesto de Ejecución Material (P.E.M.).**

UNIDAD	COSTE (€)
CAPTACIÓN	109.838,11
FILTRACIÓN DE ARENA	252.826,40
FILTRACIÓN DE CARTUCHOS	123.919,92
ÓSMOSIS INVERSA	1.246.690,80
SALIDA DE AGUA PRODUCTO	21.775,53
LAVADO DE MEMBRANAS	99.551,3
SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ENERGÍA	485.118,86
OTRAS VÁLVULAS	7.027,47

BOMBAS	73.728,84
AGITADORES	1.270,90
MEZCLADORES ESTÁTICOS	4.962,40
DEPÓSITOS	76.810,06
TUBERIAS	223.295,0832
<b>P.E.M.</b>	<b>2.726.815,67</b>

Tabla 4. 14. Presupuesto de Ejecución Material.

Se supondrá un coste de un 5% del P.E.M. de los equipos, a razón de aparatos de medida y control, tales como medidores de presión, caudal, temperatura, etc., de manera que para completar el Presupuesto de Ejecución Material debemos añadirle el coste de estos instrumentos (136.340,78 €). Ascendiendo de así a la cantidad de 2.863.156,45 €.

De modo que el Presupuesto de Ejecución Material de la planta desaladora por ósmosis inversa del presente proyecto asciende a la cantidad de “DOS MILLONES OCHOCIENTOS SESENTA Y TRES MIL CIENTO CINCUENTA Y SEIS EUROS CON CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS”.

### 1.3. Presupuesto de Ejecución por Contrata.

CONCEPTO	COSTE (€)
P.E.M.	2.863.156,45
GASTOS GENERALES (20%)	572.631,29
BENEFICIO INDUSTRIAL (6%)	171.789,39
MANO DE OBRA (3%)	85.894,93
<b>P.E.C.</b>	<b>3.693.472,06</b>

Tabla 4. 15. Presupuesto de Ejecución por Contrata.

El Presupuesto de Ejecución por Contrata de la planta desaladora del presente proyecto asciende a la cantidad de “TRES MILLONES SEISCIENTOS NOVENTA Y TRES MIL CUATROCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS CON SEIS CÉNTIMOS”.

#### 1.4. Presupuesto General por Contrata.

CONCEPTO	COSTE (€)
P.E.C.	3.693.472,06
I.V.A. (21%)	775.629,13
<b>PRESUPUESTO GENERAL POR CONTRATA</b>	<b>4.469.101,19</b>

Tabla 4. 16. Presupuesto General por Contrata.

El presupuesto general por contrata referente a la planta desaladora del presente proyecto asciende a la cantidad de “CUATRO MILLONES CUATROCIENTOS SESENTA Y NUEVE MIL CIENTO UN EURO CON DIECINUEVE CÉNTIMOS”.

## 2. GASTOS ANUALES.

### 2.1. Productos químicos.

El precio de los productos químicos utilizados en la instalación se ha estimado en base a datos proporcionados por los fabricantes.

PRODUCTO	CONSUMO ANUAL (Kg/año)	COSTE UNITARIO (€/Kg)	Coste anual (€/año)
Hipoclorito Sódico	65.896,875	0,21	13.838,35
Ácido sulfúrico	306.375	0,2	61.275
Bisulfito Sódico	92.809,2	0,33	30.627,036
Antiincrustante	17.788,98	3,65	64.929,77
Hidróxido Cálcico	510.675,89	0,24	122.562,22
Opticlean	6.391,4	1,65	10.545,81
<b>TOTAL</b>			<b>303.778,186</b>

Tabla 4. 17. Coste anual de productos químicos.

## 2.2.Reposición de membranas.

La experiencia ha demostrado que durante los primeros años de vida de los módulos de membrana de ósmosis inversa, el grado de reposición es muy bajo. Actualmente, los fabricantes de membranas garantizan de tres a cinco de los primeros años de usos de sus módulos.

El período de vida útil que hemos estimado para los módulos elementales seleccionados en este proyecto es de doce años, tras los cuales, se deberá proceder a su reposición total. Esto supone que a partir del doceavo año habrá que considerar el coste de las membranas nuevas. Sin embargo, este coste de las nuevas membranas se repartirá en los doce años de vida esperado.

Por tanto, suponiendo que cada membrana tenga un coste de 920,00 € y teniendo en cuenta un período de amortización de doce años, se obtiene una cuota anual por reposición de membrana a partir del doceavo año de:

<b>COSTE ANUAL DE REPOSICIÓN DE MEMBRANAS</b>
<b>76.666,66 €</b>

Tabla 4. 18. Coste anual de membranas.

## 2.3.Electricidad.

En nuestro caso como el consumo de energía eléctrica supera los 450 Kw debemos decantarnos por una instalación de línea de alta tensión, según estipula la normativa vigente al respecto.

En las redes de baja tensión no es posible modificar el voltaje de suministro entre límites extensos, porque el valor conveniente viene fijado en el reglamento sobre instalaciones eléctricas, y esto con objeto de evitar peligros inherentes al manejo de los receptores existentes en las viviendas. Por el contrario, en las líneas de baja tensión, cuanto mayor

es el voltaje empleado se precisa de menor sección, pero a medida que aumenta la tensión se hacen más costosos los aisladores, interruptores, transformadores, etc. Por lo cual nada conseguirá con elevar la tensión desde el punto de vista económico, si por otro lado habrá que encarecer el coste de los elementos que integran la distribución.

La selección de la tensión de transmisión depende mucho más de la densidad de consumo de la región atravesada que de la longitud de la transmisión. Las densidades de consumo elevadas no favorecen la tensión de transmisión elevada.

De esta forma, para elegir la tarifa que más se amolde a nuestras necesidades debemos tener en cuenta la tensión de la línea, según todo lo indicado antes, nos decantaremos por la tensión correspondiente a la tarifa 6.1.a, siendo la más pequeña de todas las disponibles para alta tensión.

Como hemos comentado, la tarifa será la 6.1.a, se trata de una tarifa de seis períodos tarifarios, los cuales vienen regidos por la Orden IET/149/2013, dicha tarifa se muestra a continuación:

1	2	3	4	5	6
38,102134	19,067559	13,954286	13,954286	13,954286	6,366846

Tabla 4. 19. Costes en término de potencia contratada (€/Kw y año).

1	2	3	4	5	6
0,025967	0,019393	0,010334	0,005143	0,003321	0,00208

Tabla 4. 20. Costes en término de energía consumida (€/Kwh).

Debemos tener en cuenta la potencia consumida y la contratada, lo cual se recoge en la siguiente tabla. En el sistema de ósmosis-recuperador de energía debemos tener en cuenta contratar una cantidad de kilovatios suficiente como para poder abastecer a la planta si se diese el caso de que las bombas de alta presión funcionaran sin el sistema de recuperación de energía.

UNIDAD	KW CONSUMIDOS	KW CONTRATADOS
Sistema ósmosis-recuperador de energía	3.184,446	5.200
Bombas de captación	122,48	240
Bombas de impulsión de alimentación	409,8	460
Bomba de impulsión de permeado	30,82	50
Bomba de impulsión de agua producto	167,69	220
Bomba de impulsión de salmuera	63,63	80
Bomba de lavado químico	310,06	350
Soplante	18,4	20
<b>POTENCIA TOTAL</b>	<b>4.307,326</b>	<b>6.620</b>

Tabla 4. 21. Potencia consumida en la planta.

- En términos de potencia.

Todos los costes de energía eléctrica son costes directos, asociados a la planta donde se producen. El término de potencia es independiente del consumo y por eso se trata como un gasto fijo.

Este coste se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$FP = \sum P_i \cdot t_i \quad [4.1.]$$

Donde:

- $P_i$ : potencia contratada.
- $t_i$ : precio de cada periodo tarifario.

De modo que sustituyendo en la ecuación 4.1. tenemos:

$$FP = 697.744,0082 \text{ €/año}$$

- En términos de energía.

Los costes de energía en términos de energía consumida se trata de un coste que es variable dependiendo del funcionamiento de la planta, y por tanto el consumo energético de los equipos, para ello tendremos en cuenta un horario de operación de 24 horas al día, y un tiempo de operación de 330 días al año.

$$330 \frac{\text{días}}{\text{año}} \cdot 24 \frac{\text{horas}}{\text{día}} = 7.920 \text{ horas/año}$$

$$E = 4.307,326 \cdot 7.920 = 34.114.021,92 \text{ Kw h/año}$$

El coste de esta energía se realizará por medio de la siguiente ecuación:

$$FE = \sum E_i \cdot t_i \quad [4.2.]$$

**Donde:**

- **E<sub>i</sub>:** energía consumida.
- **t<sub>i</sub>:** precio de cada período tarifario.

Sustituyendo en la ecuación 4.2. tenemos:

$$FE = 2.259.644,584 \text{ €/año}$$

$$\text{COSTE TOTAL} = 2.259.644,584 + 697.744,0082 = 2.957.388,59 \text{ €/año}$$



#### 2.4. Mantenimiento.

En este apartado se incluyen los materiales de mantenimiento (repuestos, lubricantes, etc.), materiales para el control preventivo de la planta y reparaciones para la conservación de las instalaciones, así como algunos consumibles y el trabajo de mantenimiento.

Para estimar este coste, se toma como cifra razonable un 3% anual del valor de los equipos a excepción de las membranas.

De modo que, el coste de los equipos menos las membranas será de 1.806.815,67€. Por lo tanto, el coste anual de mantenimiento será:

$$\text{Coste mantenimiento} = 1.806.815,67 \cdot 0,03 = 54.204,47 \text{ €/año}$$

#### 2.5. Personal.

El personal que se ha considerado se ha tenido en cuenta para una explotación y mantenimiento completo de la planta.

PUESTO	Nº PERSONAS	SALARIO BRUTO ANUAL (€)	COSTE ANUAL (€)
Director de la planta	1	36.000,00	36.000,00
Administrativos	3	19.200,00	57.600,00
Ingeniero técnico	3	24.000,00	72.000,00
Técnico de laboratorio	1	14.400,00	14.400,00
Mantenimiento	2	18.000,00	36.000,00
Operarios	6	18.000,00	108.000,00
<b>COSTE TOTAL DE PERSONAL AL AÑO</b>			<b>324.000,00</b>

Tabla 4. 22. Coste salarial de la planta.

### 2.6. Costes de control ambiental.

Los gastos de control ambiental son aquellos destinados a analizar y controlar el correcto funcionamiento de la planta y sus afecciones al medio. En la siguiente tabla se recogen los procedimientos y el valor estimado anual para este caso.

Procedimiento	Coste (€/año)
<b>Control posidonia</b>	30.000
<b>Control dispersión de vertido</b>	
<b>Contratación empresa encargada de residuos</b>	
<b>Evaluación de Impacto Ambiental</b>	

Tabla 4. 23. Costes de control ambiental.

### 2.7. Costes varios.

En toda instalación son necesarias actividades administrativas, de control, etc., en este apartado se incluyen los costes que se incluyen en estas actividades.

- Costes de laboratorio: incluyendo reactivos o materiales, estimándose en 550,00 €/año.
- Costes de vestuario: incluyendo botas, casco, mono, abrigo, etc., estimado en 120,00 € por persona (1.560,00 €/año).
- Teléfono y otros, se estima un coste anual de 720,00 € (60,00 € mensuales).
- Material de oficina, 30,00 € al mes de manera estimada, llevando a 360,00 € anuales.

De modo que, estos costes ascienden a la cantidad de 3.190,00 € anuales.

### 3. ESTUDIO ECONÓMICO.

#### 3.1. Amortización de la inversión

Hay varios métodos para calcular la cuota de amortización, nosotros vamos a basarnos en el método de cuotas fijas o método lineal. Es el más utilizado por su sencillez a la hora de realizar cálculos, se trata de que la cantidad a amortizar anualmente sea la misma, durante la vida útil del bien.

El coste de inversión a realizar que vamos a tener en cuenta, es solo correspondiente al de los equipos y la obra de las instalaciones, ya que el presente proyecto solo alcanza al cálculo de la ingeniería básica.

El importe de la inversión que hemos comentado es de 4.469.101,19 €. La cuota de amortización se puede calcular como un porcentaje del valor a amortizar:

$$\text{Cuota} = \frac{100}{\text{Años de vida útil}} \quad [4.3.]$$

Pero como tenemos distintos equipos con distintas esperanzas de vida, deberemos tener en cuenta la esperanza de cada uno por separado y así hacernos una idea más afianzada de la realidad, de este modo, en la siguiente tabla se recoge lo expuesto, teniendo en cuenta la producción de la planta siendo éste de 6.496.875 m<sup>3</sup>/año.

UNIDADES	COSTE (€)	PERÍODO DE AMORTIZA CIÓN	CUOTA AMORTIZACIÓ N (€)	COSTE MARGINAL (€/m <sup>3</sup> )
Membranas	920.000,00	12	76.666,66	0,0118
Equipos mecánicos	1.495.439,6 3	10	149.543,963	0,023
Equipos eléctricos	11.270,90	15	751,39	0,000116
Instrumentación	136.306,74	8	17.038,34	0,00262

y control				
Tuberías	223.295,08 32	18	12.405,2824	0,00191
Depósitos	87.160,06	15	5.810,71	0,00089
Otros	1.605.543,4	6	267.590,5757	0,0412

Tabla 4. 24. Amortización y coste marginal de las diferentes unidades de la planta.

La cuota total de la amortización ascenderá a una cantidad de 529.806,9211 € y tendrá un coste marginal de 0,081536 €/m³.

### 3.2. Coste marginal anual.

Los costes anuales ascenderán a la cantidad de 3.749.227,906 € y tendrá un coste marginal de 0,5771 €/m³.

### 3.3. Coste del agua desalada.

Según todo lo expuesto en los puntos anteriores, vamos a calcular el precio de venta del agua que tendrá el agua desalada de nuestra planta.

De manera que tenemos:

- Coste de amortización.....0,081536 €/m³
- Costes anuales.....0,5771 €/m³

**COSTE TOTAL DE AGUA DESALADA.....0,658636 €/m³**

A este coste le añadimos un 15% de beneficio industrial, de modo que el precio final del agua será de:

**COSTE FINAL DE AGUA DESALADA = 0,7574314 €/m³**

### 3.4. Análisis de aprovechamiento.

1) Inversión total.....	4.469.101,19 €
2) Producción.....	6.496.875 m <sup>3</sup> /año
3) Coste de producción.....	0,658636 €/m <sup>3</sup>
4) Precio de venta del producto.....	0,7574314 €/m <sup>3</sup>
5) Ingresos.....	4.920.937,127 €/año
6) Coste anual de operación.....	4.279.075,763 €/año
7) Ganancia bruta (5-6).....	641.861,3645 €/año
8) Ganancia neta.....	385.116,8187 €/año
9) Impuestos (40% de 7).....	256.744,5458 €/año
10) Ganancia bruta marginal (7/5 *100).....	13,04 %

El alumno: Basilio José Tornay González

Algeciras, a 3 de Enero de 2014

# **DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES**

### **CAPÍTULO III - PLIEGO DE CONDICIONES**

<b>1. DISPOSICIONES GENERALES .....</b>	<b>457</b>
1.1. Objetivo del pliego de condiciones.....	457
1.2. Documentos del proyecto que definen las obras .....	457
1.3. Predominación y compatibilidad de los documentos .....	458
1.4. Normativa general de aplicación .....	458
<b>2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA .....</b>	<b>460</b>
2.1. Directiva facultativa .....	460
2.2. Obligaciones y derechos generales del contratista.....	461
2.2.1. Representación del contratista .....	461
2.2.2. Presencia del contratista en la obra .....	461
2.2.3. Gastos de cuenta del contratista .....	462
2.2.4. Oficina en la obra.....	462
2.2.5. Libro de órdenes .....	463
2.2.6. Insuficiente especificación en la documentación del proyecto .....	463
2.2.7. Subcontratas .....	463
2.2.8. Copias de documentos .....	464
2.2.9. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa .....	464
2.2.10. Residencia del contratista.....	464
2.2.11. Despido del contratista .....	465

2.3. Obras y ejecución.....	465
2.3.1. Replanteos de las obras.....	465
2.3.2. Calendario de trabajo.....	466
2.3.3. Comienzo de los trabajos y plazos de ejecución .....	466
2.3.4. Prórroga por causa de fuerza mayor .....	466
2.3.5. Maquinaria.....	467
2.3.6. Ensayos.....	467
2.3.7. Materiales .....	468
2.3.8. Almacenamiento .....	469
2.3.9. Accidentes de trabajo .....	469
2.3.10. Descansos en días festivos .....	470
2.3.11. Trabajos defectuosos o no autorizados .....	470
2.3.12. Señalización de las obras.....	471
2.3.13. Precauciones especiales.....	471
2.4. Recepción provisional.....	472
2.5. Plazo de garantías .....	472
2.6. Recepción definitiva.....	473
<b>3. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.....</b>	<b>474</b>
3.1. Percepción económica del contratista .....	474
3.2. Garantía de cumplimiento.....	474



3.3. Fianzas .....	474
3.4. Penalizaciones y bonificaciones.....	475
3.5. Precios.....	475
3.5.1. Composición de los precios unitarios .....	475
3.5.2. Precios no contratados.....	476
3.5.3. Variaciones en los precios unitarios .....	477
3.6. Valoración y abono de los trabajos.....	477
3.6.1. Valoración de la obra.....	477
3.6.2. Valoración de las obras incompletas .....	478
3.6.3. Abono de unidades de obra ejecutadas .....	478
3.6.4. Liquidaciones parciales.....	478
3.6.5. Liquidación general.....	478
3.6.6. Carácter provisional de las liquidaciones parciales.....	479
3.6.7. Pagos.....	479
3.6.8. Suspensión por retraso de pagos .....	479
3.7. Seguros .....	479
<b>4. CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.....</b>	<b>480</b>
4.1. Adjudicación .....	480
4.2. El contrato.....	480
4.3. Arbitrajes y jurisdicción .....	481

4.4. Responsabilidad del contratista .....	481
4.5. Seguridad .....	482
4.6. Licencias, permisos e impuestos .....	482
4.7. Causas de rescisión del contrato .....	482
<b>5. CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.....</b>	<b>484</b>
5.1. Condiciones para los materiales .....	484
5.1.1. Materiales no especificados .....	484
5.1.2. Ensayos.....	485
5.2. Condiciones para la ejecución de las unidades de obra .....	485
5.2.1. Movimiento de tierras .....	485
5.2.2. Cimentaciones .....	485
5.2.2. Estructuras de hormigón .....	486
5.3. Control de calidad .....	486
5.4. Obras o instalaciones no específicas.....	487
<b>6. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....</b>	<b>487</b>
6.1. Definición y alcance del pliego.....	487
6.1.1. Análisis y utilidad del pliego .....	487
6.1.2. Normativa aplicable.....	487
6.1.3. Condiciones de cumplimiento de las instalaciones .....	488
6.1.3.1. Instalación contraincendios.....	488

6.1.3.2. Almacenamiento y señalización de productos.....	488
6.1.3.3. Instalación de protección.....	488
6.1.4. Condiciones técnicas de los servicios complementarios.....	489
6.1.4.1. Ascós.....	489
6.1.4.2. Comedor .....	489
6.1.5. Características de los materiales.....	489
6.1.5.1. Indicaciones principales .....	489
6.1.5.2. Calidades de los materiales de los equipos .....	491
6.2. Agua tratada .....	501
6.2.1. Producción de agua desalada.....	501
6.2.2. Salinidad promedio .....	501
6.2.3. Salinidad del agua producida por una membrana .....	501
6.3. Consumo de energía .....	501
6.4. Ensayos y análisis .....	502
6.4.1. Gestión de los laboratorio .....	502
6.4.2. Determinaciones a realizar.....	502
6.4.3. Periodicidad de los ensayos .....	502
6.5. Garantías.....	503
6.5.1. Garantía de materiales y equipos .....	503
6.5.2. Garantía de las membranas.....	503

## **1. DISPOSICIONES GENERALES.**

### **1.1. Objetivo del pliego de condiciones.**

El objetivo que recoge el siguiente pliego de condiciones consiste en describir las exigencias técnicas, económicas, administrativas y legales que han de regir para la instalación del presente proyecto, de manera que pueda llevarse a cabo en las condiciones adecuadas, evitando posibles interpretaciones distintas de las deseadas.

### **1.2. Documentos del proyecto que definen las obras.**

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entrega al contratista pueden tener carácter contractual o meramente informativo. Se entiende por documentos contractuales aquellos que se encuentren incorporados al contrato, siendo éstos de obligado cumplimiento, exceptuando modificaciones previamente autorizados.

El presente proyecto consta de los siguientes documentos:

- Memoria, donde se recogerán las necesidades que vamos a satisfacer y los factores con carácter general a tener en cuenta. A esta memoria se le incluirán anexos en los que se expondrán los cálculos realizados, modelos empleados en ellos, simplificaciones de los modelos, así como cualquier suposición o particularidad recogida en ellos.
- Planos, se reunirán todos aquellos necesarios para que la planta quede perfectamente definida, ya sean planos de conjunto, de detalles, etc.
- Presupuesto, el cual albergará los precios de la instalación, las materias primas, el mantenimiento de la instalación y los posibles ingresos de productos.
- Pliego de condiciones, donde se recogerán la descripción de las obras e instalaciones, especificaciones de los materiales y elementos constructivos, y normas de ejecución de los trabajos, así como las bases económicas y legales que conducirán a esta obra.

Los datos y las marcas comerciales incluidas en la memoria y anexos, así como la justificación de los cálculos y precios tienen carácter meramente informativo.

### **1.3. Predominación y compatibilidad de los documentos.**

El orden de preferencia de los documentos del proyecto, de mayor a menor importancia comienza con los planos, a continuación las mediciones y presupuesto realizado, el pliego de condiciones, y por último, la memoria.

Si fuese necesario realizar alguna mejora o cambio en las obras del proyecto se describiría el proyecto con las nuevas pautas y se integraría en el proyecto original, quedando bajo las mismas condiciones de todos los documentos.

En el caso de que haya una discordancia entre los planos y el pliego de condiciones, prevalecerá lo referente a este segundo documento. Lo que se mencione en los planos y sea omitido en el pliego de condiciones o lo contrario, deberá ser realizado como si se expusiera en ambos documentos.

Dentro del pliego de condiciones encontramos el pliego de condiciones técnicas particulares, donde se incluirán la descripción de las obras e instalaciones, especificaciones de los materiales y elementos constitutivos, así como las bases económicas y legales que regirán en esta obra. Las condiciones de este pliego particular serán perceptivas y prevalecerán sobre las del pliego general en tanto las modifique o contradigan.

### **1.4. Normativa general de aplicación.**

- Ley 31/1995, de 8 de Noviembre, por el que se aprueba la ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de Enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

- Real Decreto 488/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo.
- Ley 42/1997, de 14 de Noviembre, Ordenadora de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social.
- Real Decreto Legislativo 1/1995, de 24 de Marzo, por la que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores.
- Resolución de 22 de Febrero de 2013, de la secretaria de estado de la seguridad social, por la que encomienda al instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, durante el año 2013, la gestión del servicio “Prevención.10”.
- Real Decreto 212/2002, de 22 de Febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.
- Real Decreto 286/2006, de 10 de Marzo, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a riesgo eléctrico.
- Real Decreto 1849/2000, de 10 de Noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales.
- Real Decreto 379/2001, de 6 de Abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas

complementarias MIE APQ-1, MIE APG-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7.

- Real Decreto 1644/2008, de 10 de Octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de máquinas
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto 1407/1992, de 20 de Noviembre de 1992, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el código técnico de la edificación.
- Instrucciones del Instituto Español de Racionalización (Normas UNE), de aplicación a nuestro caso.
- Normas DIN, AISI, ISO y ASME, de aplicación en la planta desaladora.

## **2. CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVA.**

### **2.1. Directiva facultativa.**

La dirección facultativa de las obras e instalaciones recaerá sobre un ingeniero nombrado por la propiedad en su representación, recibiendo las labores de dirección, control y vigilancia de las obras del presente proyecto.

Las funciones principales del ingeniero director de obra serán:

- Garantizar la ejecución de las obras con estricta sujeción al proyecto aprobado, o modificaciones debidamente autorizadas.
- Definir las condiciones técnicas que en el presente Pliego de Condiciones se dejen a su decisión.

- Resolver todas las cuestiones que surjan en la interpretación de los planos, condiciones de los materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del contrato.
- Estudiar incidencia o problemas planteados en las obras que impidan su normal cumplimiento del contrato.
- Proponer las actuaciones pertinentes para obtener los permisos y autorizaciones necesarias.
- Asumir bajo su responsabilidad, en caso de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso.
- Acreditar al contratista las obras realizadas conforme a lo dispuesto en los documentos del contrato.
- Participar en las recepciones provisionales y definitivas, y redactar la liquidación de las obras conforme a las normas legales establecidas.

## **2.2.Obligaciones y derechos generales del contratista.**

### **2.2.1. Representación del contratista.**

Desde el comienzo de las obras hasta su recepción provisional, el contratista nombrará a un jefe de obras como representante suyo autorizado, el cual se encargará de que los trabajos se realicen con diligencia y competencia.

Este jefe será expresamente autorizado por el contratista para recibir notificaciones emitidas por la dirección facultativa y para asegurar que dichas órdenes se lleven a cabo.

Cualquier cambio que el contratista desee realizar respecto a sus representantes y personal cualificado y, en especial, del jefe de obras, deberá ser comunicado a la dirección facultativa.

### **2.2.2. Presencia del contratista en la obra.**

El contratista estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la dirección facultativa en las visitas que hagan a la obra, deberá asistir a las reuniones de



obra que se convoquen, no pudiendo justificar por motivos de ausencia o reclamación a las órdenes cruzadas por la dirección facultativa en el transcurso de las reuniones.

### **2.2.3. Gastos de cuenta del contratista.**

Los siguientes gastos serán competencia del contratista (siempre que en el contrato no disponga de lo contrario):

- Gastos de construcción y retirada de construcciones auxiliares.
- Gastos de alquiler o admisión de terreno para depósito de maquinaria y materiales.
- Gastos de protección de acopio y de la propia obra contra deterioro, daño o incendio, cumpliendo los requisitos vigentes para almacenamiento de explosivos y carburantes.
- Gastos de limpieza y evacuación de desperdicios de basura.
- Gastos de suministros, colocación y conservación de señales de tráfico, balizamiento y demás recursos necesarios para proporcionar seguridad dentro de las obras.
- Gastos de demolición y desmontaje de las instalaciones provisionales.
- Gastos de retirada de materiales rechazados y corrección de las deficiencias observadas y puestas de manifiesto por los correspondientes ensayos y pruebas.

### **2.2.4. Oficina en la obra.**

El contratista instalará en la obra una oficina, habilitada adecuadamente, para que se pueda llevar a cabo consultas a los Planos. Aquí el contratista tendrá siempre una copia autorizada de todos los documentos del proyecto que le hayan sido facilitados por la dirección facultativa y el “Libro de órdenes”.

#### **2.2.5. Libro de órdenes.**

El contratista tendrá siempre en la oficina de la obra y a la disposición de la dirección facultativa un “libro de órdenes”, con sus hojas foliadas por triplicado y visado por el colegio oficial.

El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho libro es tan obligatorio para el contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

#### **2.2.6. Insuficiente especificación en la documentación del proyecto.**

Si algún punto de la obra no estuviera lo suficientemente especificado en la documentación del proyecto, desde el punto de vista de la contrata o de la propiedad, no se realizará hasta que la dirección facultativa diera las indicaciones necesarias para su ejecución.

Si se diese esta situación, se pondrá en aviso a la dirección facultativa por escrito, con suficiente antelación para estudiar el problema planteado y dar una solución factible, sin que se produzca un retraso en la obra.

#### **2.2.7. Subcontratas.**

El contratista tendrá la potestad de poder subcontratar a otros contratistas sin perjuicio de sus obligaciones como contratista general de la obra.

Se permitirá las subcontrataciones de los trabajos siempre y cuando la empresa subcontratada garantice los niveles de formación y seguridad para realizar los trabajos mencionados.

#### **2.2.8. Copias de documentos.**

El contratista tiene derecho a sacar copias, a su costa, de los planos, presupuestos, pliego de condiciones y demás documentos del proyecto que pueda necesitar.

La dirección facultativa, si el contratista lo requiere, autorizará estas copias con su firma una vez compulsada.

#### **2.2.9. Reclamaciones contra las órdenes de la dirección facultativa.**

Las peticiones que el contratista quiera hacer contra las órdenes emitidas por la dirección facultativa, sólo podrá presentarlas a través de la misma, ante la propiedad, si ellas son de orden económico, y de acuerdo con las condiciones estipuladas en los Pliegos de Condiciones correspondientes. Contra disposiciones de orden técnico o facultativo de la dirección facultativa, no se admitirá reclamación alguna, pudiendo el contratista salvar su responsabilidad, si lo estima oportuno, mediante exposición razonada dirigida a la dirección facultativa, la cual podrá limitar su contestación al acuse de dirección facultativa, ésta podrá limitar su contestación al acuse de recibo, que en todo caso será obligado para este tipo de reclamaciones.

#### **2.2.10. Residencia del contratista**

Desde la puesta en marcha de la obra, hasta su recepción definitiva, el contratista o un representante suyo autorizado, deberá residir en un lugar próximo al de la ejecución de los trabajos y no podrá ausentarse de él sin el conocimiento de la dirección facultativa, notificando la persona que le representará en su ausencia. Se considerarán válidas las notificaciones que se efectúan al individuo más caracterizado o de mayor categoría técnica de los empleados operarios de cualquier rama que, como dependiente de la contrata intervenga en las obras.

#### **2.2.11. Despido del contratista.**

Se considerará despido del contratista, el incumplimiento de las instrucciones dada por el director de la obra, la manifiesta incapacidad de realización de sus cometidos y la realización de actos que comprometan o perturben la marcha de los trabajadores.

### **2.3. Obras y ejecución.**

#### **2.3.1. Replanteos de las obras.**

Previamente al comienzo de las obras, el director de obra auxiliado por el personal subalterno necesario y por el contratista o su representante, llevarán a cabo el replanteo general de la obra. En este replanteo se establecerán las líneas fundamentales y puntos de nivel necesarios para definir y delimitar perfectamente el terreno donde se va a ejecutar la obra.

Esta revisión debe incluir al menos los datos y referencias previstas para poder materializar las obras, así como los puntos fijos o auxiliares necesarios para los sucesivos replanteos de detalles y de otros elementos que puedan estimarse precisos. Los puntos de referencia para los sucesivos replanteos se marcarán con los medios adecuados para evitar su aparición.

Una vez que se haya finalizado el replanteamiento, se levantará el acta de comprobación del replanteo. Este acta reflejará la conformidad o disconformidad del replanteo respecto a los documentos estipulados en el proyecto, refiriéndose expresamente a las características geométricas de los trabajos, así como cualquier punto que, en caso de disconformidad, pueda afectar al cumplimiento del contrato.

Los datos, cotas y puntos especificados en el replanteamiento, se anotarán en un anexo, el cual se unirá al expediente de las obras, entregándose una copia al contratista.

En caso de que el replanteo refleje alguna variación respecto a los documentos del proyecto, deberá acompañarse de un nuevo presupuesto.

### **2.3.2. Calendario de trabajo.**

En el momento en que se determine en días hábiles a partir de la aprobación del acta de comprobación del replanteo, el adjudicatario presentará un programa de trabajos de las obras. Dicho programa de trabajo incluirá los siguientes datos:

- Fijación de las clases de las obras y trabajos que integran el proyecto e indicación de las mismas.
- Determinación de los medios necesarios (instalación, materiales y equipos).
- Valoración mensual y acumulada de la obra, programada sobre la base de los precios unitarios de adjudicación.
- Representación gráfica de las diversas actividades mediante un diagrama P.E.R.T.

Cuando del programa de trabajadores se deduzca una modificación contractual, dicho programa deberá ser redactado por el beneficiario y por la dirección técnica de la obra, junto con la correspondiente propuesta de modificación para su tramitación reglamentaria.

### **2.3.3. Comienzo de los trabajos y plazos de ejecución.**

El contratista comenzará las obras al día siguiente de la fecha del acta de comprobación del replanteamiento, debiendo terminar en la fecha acordada en dicho acta.

### **2.3.4. Prórroga por causa de fuerza mayor.**

Si por causa de fuerza mayor o independencia de la voluntad del contratista y siempre que sea distinta de las especificadas como la rescisión en el apartado “condiciones de índole legal”, no pudiese comenzar las obras o tuviesen que ser suspendidas, se le otorgará una prórroga, previo informe a la dirección facultativa de la causa que impide la

ejecución o parada de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando la prórroga que por dicha causa solicita.

#### **2.3.5. Maquinaria.**

El contratista está obligado a instalar en las obras los equipos de la maquinaria que se responsabilizan a aportar en la oferta, y que considere necesario para el correcto desarrollo de las mismas el director de las obras. La maquinaria mencionada deberá estar aprobada por el director.

Los elementos de trabajo, junto con la maquinaria, deben encontrarse en perfectas condiciones de funcionamiento y deben destinarse a la obra durante su utilización en las obras. No podrán ser retiradas sin el consentimiento del director.

#### **2.3.6. Ensayos.**

El director determinará el número de ensayos y frecuencia, sobre los materiales y unidades de obras terminadas, efectuándose en consecuencia a las normas que afectan a cada unidad de obra o según las instrucciones que dicte el director de obra.

El adjudicatario abonará el costo de los ensayos que se realicen, que no podrá superar el 1% del presupuesto de adjudicación.

El contratista debe llevar a cabo su propio autocontrol de cotas, tolerancias y geométricos en compactación, etc. El contratista está obligado a disponer de los equipos necesarios para dichas mediciones y ensayos.

### 2.3.7. Materiales.

Los materiales que se utilicen en las obras deben cumplir con las condiciones que establece el Pliego de Condiciones, incluso pueden ser rechazados por el director de obra. De este modo, estos materiales deben ser examinados y ensayados (mediante el autocontrol del contratista y, eventualmente, con el control de dirección de obra) antes de su aceptación.

Cuando en el Pliego de Condiciones Particulares no esté fijada la procedencia de los materiales, éstos serán fijados por el contratista de las fuentes de suministro que estime oportuno.

El director de obra será notificado por el contratista, con suficiente antelación, de los materiales que se proponen utilizar y sus respectivas procedencias, aportando, si fuese necesario, datos y muestras en lo que se refiere a su cantidad y calidad.

En ningún caso podrán ser utilizados en los trabajos materiales cuya procedencia no haya sido aprobada por el director de obra.

Se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Manipulación de los materiales:  
Todos los materiales se manipularán con cuidado y de tal modo que se mantenga su calidad y aptitud para la obra.
- Inspección de la planta:  
Según la evolución de las obras y otras consideraciones, el ingeniero puede proceder a una inspección del material o de los artículos manufacturados en sus respectivas fuentes.
- Materiales defectuosos:  
Todos los materiales que no se ajusten a los requisitos del Pliego de Condiciones se considerarán defectuosos, siendo retirados inmediatamente del lugar de la obra, a menos que el director de obra considere lo contrario.  
Los materiales que han sido rechazados y hayan sido corregidos, no se utilizarán hasta que no se les otorgue la aprobación.

### **2.3.8. Almacenamiento.**

Quedará terminantemente prohibido, excepto autorización del director, efectuar acopio de materiales, cualesquiera sea su naturaleza, sobre la plataforma de obra y en aquellas zonas marginales que defina el director.

Está especialmente prohibido el almacenamiento de materiales, herramientas, maquinaria, escombros o cualquier otro elemento no deseable, en las zonas enumeradas a continuación:

- Áreas de procesos adyacentes o limítrofes con la zona donde se realizan trabajos.
- Desagües y zonas de trabajo en general.
- Vías de acceso a casetas de operación, puntos de reunión para estados de emergencia y puntos de situación de extintores.
- Calles y vías de circulación interior, tanto de la zona de construcción con de las áreas de procesos adyacentes a ésta.
- En general, cualquier lugar en que la presencia de estos objetos pueda llegar a entorpecer las labores de mantenimiento y operación de las unidades de proceso, o dificulte el proceso de emergencia de la planta.

Los materiales serán almacenados de tal manera que se asegure la preservación de su calidad para su posterior utilización en la obra, lo cual deberá ser comprobado en el momento de su utilización.

Las zonas empleadas para el almacenamiento de los materiales deben ser acondicionadas de tal forma que, cuando termine su utilización, vuelvan a recuperar su estado inicial.

Todos los gastos que se deriven de esto, correrán por cuenta del contratista.

### **2.3.9. Accidentes de trabajo.**

El contratista tiene la obligación de cumplir con la legislación vigente en materia de seguro contra el riesgo de accidentes para su personal.



Entre el contratista y la dirección de obra fijarán las condiciones de seguridad en las que se llevarán a cabo los trabajos del proyecto, además de las pruebas, ensayos, inspecciones y verificaciones necesarias, siendo como mínimo, las definidas en los reglamentos actuales vigentes.

Sin embargo, en aquellos casos en los que el contratista o la dirección crean conveniente tomar acciones adicionales de seguridad, podrán llevarse a cabo sin reserva alguna.

El contratista será el encargado de suministrar, al personal a su cargo, los equipos necesarios para que los trabajos se lleven a cabo en óptimas condiciones de seguridad.

De la misma forma, el contratista será responsable de posibles daños que se produzcan en las instalaciones (tanto terminadas como en construcción), ocasionadas por el personal ajeno a la obra durante el horario establecido de trabajo, así como de los accidentes personales que puedan ocurrir.

#### **2.3.10. Descanso en días festivos.**

En los trabajos concedidos a la contrata, se cumplirá puntualmente el descanso en días festivos, del modo que se señale en las disposiciones vigentes.

En casos excepcionales, en los que fuera necesario trabajar en dichos días, se procederá como indican las citadas disposiciones.

#### **2.3.11. Trabajos defectuosos o no autorizados.**

Los trabajos que sean defectuosos no serán abonados, debiendo ser demolidos por el propio contratista, y reconstruidos en el plazo de acuerdo con las prescripciones del proyecto.

Si se diese el caso de que un trabajo no se haya ejecutado con arreglo a las condiciones del contrato y, sin embargo, a juicio del director de obra fuese admisible, podría ser

recibida provisionalmente y, definitivamente en su caso, quedando el adjudicatario obligado a conformarse sin derecho a reclamación con la rebaja económica que el director estime, salvo en el caso de que el adjudicatario opte por la demolición a su costa y las rehaga con las condiciones del contrato.

#### **2.3.12. Señalización de las obras.**

El contratista tiene la obligación de señalizar (a su costa), las obras que se realicen, según las instrucciones y uso de aparatos que prescriba el director.

Las obras se llevarán a cabo de manera que el tráfico ajeno a ellas, encuentre en todo momento un paso un paso en buenas condiciones de viabilidad y seguridad.

#### **2.3.13. Precauciones especiales.**

- Lluvia:

Durante la fase de construcción, montaje e instalación de obras y equipos, éstos se mantendrán en todo momento en perfectas condiciones de drenaje. Las cunetas y demás desagües se mantendrán de manera que no produzcan daños. El equipo que no necesite inspección o revisión previa a su instalación no será desembalado hasta el momento de la misma. Se protegerán los equipos desembalados de la lluvia mediante cubiertas y protectores adecuados.

- Incendios:

El contratista debe atenerse a las condiciones dispuestas vigentes para la prevención y control de incendios, y a las recomendaciones u órdenes que reciba del director. De cualquier manera, deberá adoptar medidas necesarias para evitar que se enciendan fuegos innecesarios, siendo responsable de evitar la propagación en caso de que se requiera para la ejecución de las obras, así como los daños y perjuicios que se puedan producir.

De todos modos, el contratista podrá exigir el asesoramiento de un técnico de seguridad competente, elegido por la dirección, en todos los casos en donde sea conveniente.

#### **2.4.Recepción provisional.**

El director de la obra junto con el contratista y el propietario, realizarán un examen global de la obra, una vez terminados los trabajos.

En caso de que las obras se encuentren en buen estado y hayan sido ejecutadas según las condiciones establecidas, se levantará el acta de recepción provisional de las obras, en donde constará la fecha y las condiciones de recepción de las mismas. Este documento será firmado por el director de obra, el propietario y el contratista. El plazo de garantía de la obra comenzará contar desde esa fecha.

Cuando el estado de las obras no sea para ser recibidas, se hará constancia de ello en el acta, explicando los desperfectos encontrados y fijando un plazo para subsanarlos, a cargo del contratista.

Una vez haya terminado el plazo, se efectuará de nuevo otro reconocimiento en idénticas condiciones, a fin de proceder a la recepción provisional de la obra. Si en este reconocimiento se observa que los desperfectos aún no han sido corregidos, el director de obra, en nombre y representación de la propiedad, encargará a otra entidad que las solucione con cargo a la fianza depositada por el contratista.

#### **2.5.Plazo de garantías.**

El plazo de garantías de las obras realizadas en el proyecto, será de un año, comenzando a partir de la fecha de la recepción provisional. Durante dicho período, en casos de conservación, reparación y sustitución debidas a defectos, serán por cuenta del contratista, siendo éste el responsable de las faltas que puedan existir.

En caso de existir defectos o imperfecciones, no servirá de disculpa ni le dará derecho alguno al contratista el que el director o el subalterno hayan examinado durante la construcción, reconocido sus materiales o hecho su valoración en las relaciones parciales. En consecuencia, si se observan imperfecciones antes de efectuarse la recepción definitiva de la obra, deberá el contratista demoler, reconstruir o reparar (de su cuenta) las partes defectuosas.

## **2.6.Recepción definitiva.**

Una vez haya terminado el plazo de garantía, una vez realizado el oportuno reconocimiento de las obras y en el supuesto de que se encuentren en debidas condiciones, previamente a los trámites reglamentarios, se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras.

A partir de ese momento, la responsabilidad económica del contratista quedará relevada, exceptuando los gastos derivados de la aparición de vicios ocultos, siendo éstos responsabilidad del contratista desde la fecha de recepción definitiva hasta los diez años posteriores.

Si se diese el caso que tras el reconocimiento de las obras, éstas no se encuentren en estado de ser recibidas, su recepción se aplazará hasta que, a juicio del director de obra, y dentro de un plazo que se estipule, queden las obras del modo y forma determinadas en el Pliego de Condiciones.

Al proceder a la recepción definitiva de las obras, se extenderá por triplicado el acta correspondiente, donde figurará la fecha de recepción definitiva de las obras y las firmas de cada una de las partes implicadas.

### **3. CONDICIONES DE ÍNDOLE ECONÓMICA.**

#### **3.1. Percepción económica del contratista.**

Siempre que se hayan ejecutado según lo establecido en el proyecto, el contratista percibirá el importe de los trabajos realizados.

#### **3.2. Garantía de cumplimiento.**

El director de obra podrá exigir al contratista, la presentación de referencias de personas o de otras entidades, de modo que se cerciore de si reúnen todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del contrato. Estas referencias, deberán ser presentadas por el contratista antes de la firma del contrato.

#### **3.3. Fianzas.**

El contratista deberá abonar una fianza del 5% del presupuesto de las obras adjudicadas, con vistas a responder del cumplimiento de lo contratado. La fianza podrá ser depositada mediante cheque o aval bancario.

Si se diese el caso en que el contratista se negara a hacer los trabajos precisos para terminar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra en nombre y representación de la propiedad, ordenará llevarlas a cabo por un tercero, abonando su importe con la fianza depositada por el contratista, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario.

La fianza depositada, o lo que quede de ella, se devolverá al contratista una vez se haya firmado el acta de recepción definitiva de la obra en un plano que no exceda de treinta días.

Siempre que el contratista haya acreditado a través un certificado del Alcalde del municipio en cuyo término se encuentre emplazada la obra contratada, que no existe

reclamación alguna sobre él por daños y perjuicios que sean por su cuenta o por deuda de los jornales o materiales, ni por indemnización derivadas de accidentes ocurridos en el trabajo.

### **3.4. Penalizaciones y bonificaciones.**

Las tres partes implicadas (contratista, propietario y director de obra) firmarán un documento que certifique la cuantía y las condiciones de penalización económicas a cargo del contratista, debidas a retrasos en la ejecución de las obras. De la misma manera, se especificará la cuantía y las condiciones de bonificación en beneficio del contratista, debidas a adelantos en la ejecución de la obra.

No se considerarán causa de penalización, los retrasos en la ejecución de las obras debido a:

- Incendios causados por electricidad atmosférica.
- Daños producidos por terremotos y maremotos.
- Daños producidos por vientos huracanados, mareas y crecidas de río superiores a las que sean de prever en el país, y siempre que quede constancia de que el contratista tomó las medidas posibles, dentro de sus medios.
- Destrozos causados violentamente a mano armada, en tiempo de guerra, movimientos sediciosos populares o robos tumultuosos.

### **3.5. Precios.**

#### **3.5.1. Composición de los precios unitarios.**

Una vez adjudicadas las obras, el contratista en los quince días siguientes debe presentar los precios descompuestos de las unidades solicitadas, en caso de que no lo presente, quiere decir que acepta los precios descompuestos preparados por la Dirección.

La descomposición vendrá perfectamente detallada en cada unidad de obra, como se detalla a continuación:

- Materiales, expresando las cantidades necesarias en cada unidad de obra y su precio unitario respecto de origen.
- Mano de obra por categorías dentro de cada oficio, donde aparecerán el número de horas invertidas por cada operario en cada unidad de obra y los jornales horarios correspondientes.
- Transporte de materiales, desde el punto de origen al pie de la obra, expresando el precio de transporte de unidades.
- Tanto por ciento de medios auxiliares y de seguridad sobre la suma de conceptos anteriores en las unidades de obra que se precisen.
- Tanto por ciento de seguros sociales y cargas vigentes sobre el costo de la mano de obra, especificando en documento aparte, la cuantía de cada concepto del seguro o carga.
- Tanto por ciento de beneficio industrial del contratista, aplicado a la suma total de los conceptos anteriores.

Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos, a excepción del beneficio industrial.

La suma de todas las cantidades que importan los siete apartados, se entiende que es el precio unitario contratado (Precio de Ejecución por Contrata).

### **3.5.2. Precios no contratados.**

Los precios que no figuren entre los contratados, ya sean de las unidades de obra, de los materiales o de la mano de obra, se fijarán contradictoriamente entre la dirección facultativa y el contratista.

El contratista, bajo su punto de vista formulará por escrito, el precio que debe aplicarse a la nueva unidad de obra. Por otra parte, el director de obra fijará el precio que a su

juicio, debe aplicarse a dicha unidad. Si ambos son coincidentes, se formulará por parte del director de obra el Acta de Avenencia, quedando así formalizado el precio contradictorio.

Si no fuera posible conciliar por simple discusión los resultados, el director de obra propondrá a la propiedad que adopte la resolución que estime conveniente.

### **3.5.3. Variaciones en los precios unitarios.**

En el caso de altas o de bajas oficiales en el precio de los materiales, mano de obra o de cualquier otro concepto que modifique los precios unitarios base, el contratista debe comunicar dichas variaciones, por duplicado, al director de obra y al propietario, así como una valoración exacta hasta el día de dicha variación de la obra ejecutada con su importe.

El contratista solo tendrá derecho a las alzas oficiales de mano de obra del personal que intervenga directamente en la obra o instalación, no afectando a la mano de obra de preparación de materia prima o detalles.

## **3.6. Valoración y abono de los trabajos.**

### **3.6.1. Valoración de la obra.**

La medición de la obra se hará por el tipo de unidad fijada en el correspondiente presupuesto.

La valoración deberá obtenerse aplicando las distintas unidades de obra el precio que tuviese asignado en el presupuesto, añadiendo a este importe el de los tantos por ciento que corresponda al beneficio industrial.



Las valoraciones las realizará el director de obra en presencia del contratista, serán mensualmente, de dicho acto se levantará un acto por duplicado, que será firmado por ambas partes.

#### **3.6.2. Valoración de obras incompletas.**

Cuando a consecuencia de rescisión u otras causas, fuese preciso valorar las obras incompletas, se aplicarán los precios del presupuesto, sin que pueda pretenderse hacer la valoración de la unidad de obra fraccionándola en forma distinta a la establecida en los cuadros de descomposición de precios.

#### **3.6.3. Abono de unidades de obra ejecutadas.**

El contratista deberá percibir el importe de todas aquellas unidades de obra que haya finalizado con arreglo y sujeción a los documentos del proyecto, a las condiciones de la contrata y a las órdenes e instrucciones que por escrito entregue la dirección facultativa, siempre dentro de las cifras a que ascienden los presupuestos aprobados.

#### **3.6.4. Liquidaciones parciales.**

El contratista tendrá derecho a percibir una cantidad proporcional a la obra ejecutada en este período de manera mensual.

#### **3.6.5. Liquidación general.**

Una vez hayan terminado las obras, se procederá a realizar la liquidación general, que constará de las mediciones y valoraciones de todas las unidades que formen parte de la obra.

#### **3.6.6. Carácter provisional de las liquidaciones parciales.**

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final. Dichas certificaciones, no suponen tampoco la aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

La propiedad se reserva en todo momento y, especialmente, al hacer efectivas las liquidaciones parciales, el derecho a comprobar si el contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra, a cuyo efecto deberá presentar los comprobantes que se exijan.

#### **3.6.7. Pagos.**

Los pagos se efectuarán (en los plazos ya establecidos) por el propietario al contratista, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra expedidas por el director de obra, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

#### **3.6.8. Suspensión por retraso de pagos.**

De ninguna manera podrá el contratista suspender trabajos ni ejecutarlos con menor ritmo, alegando retraso en los pagos. Cuando el contratista proceda de dicha forma, el propietario podrá rescindir la contrata.

#### **3.7. Seguros.**

El contratista desde el comienzo de la obra hasta su recepción definitiva, está obligado a asegurar la obra contratada. La cuantía del seguro coincidirá con el valor que tenga por contrata los objetos asegurados. En caso de siniestro, la sociedad aseguradora abonará el

importe a nombre de la propiedad, para que a cargo de ella se abone la obra que se construya y, a medida que ésta se vaya realizando.

El reintegro de dicha cantidad al contratista, se efectuará por certificaciones, como el resto de trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo por conformidad expresa del contratista, el propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres ajenos a los de la construcción de la parte siniestrada.

De la misma manera, el contratista deberá tener contratado a un seguro de responsabilidad civil que cubra las indemnizaciones causadas por accidentes o perjuicios derivados de las obras, quedando la propiedad eximida de dicha responsabilidad.

#### **4. CONDICIONES DE ÍNDOLE LEGAL.**

##### **4.1. Adjudicación.**

La adjudicación de la obra se llevará a cabo mediante concurso. Las ofertas que sean presentadas deberán incluir como mínimo, una estimación del precio de ejecución de las obras, el tiempo de ejecución y las calidades empleadas en las mismas.

##### **4.2. El contrato.**

El contrato se realizará mediante un documento privado o público según convengan a las partes (promotor y contratista), especificándose en él las particularidades que convengan a ambos.

Previamente, tanto el promotor como el contratista firmarán el Pliego de Condiciones, de manera que se comprometan a su cumplimiento, quedando nula cualquier cláusula que se opongan o anulen a éste.

La ejecución de las obras se contratará por unidades de obra, ejecutados según los documentos del proyecto. Se admitirán subcontratos con firmas especializadas, siempre que estén dentro de los precios que fije el presupuesto del proyecto.

#### **4.3.Arbitrajes y jurisdicción.**

Para las posibles cuestiones, litigios o diferencias que pudieran surgir durante o después de los trabajos, las partes se someterán a juicio de amigables componedores nombrado uno de ellos por el propietario, otro por el contratista y tres ingenieros del colegio oficial correspondiente, uno de los cuales será forzosamente el jefe de obra.

En caso de no haber llegado a un acuerdo por el anterior procedimiento, ambas partes quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones que puedan surgir como derivadas de su contrato, a las autoridades y tribunales administrativos, con arreglo a la legislación vigente.

#### **4.4.Responsabilidad del contratista.**

El contratista es el responsable de realizar la obra bajo las condiciones que se han establecido en el contrato y en los documentos del proyecto. De modo que, estará obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo que no esté bien ejecutado, sin que pueda tener como excusa el que la dirección técnica haya examinado y reconocido la construcción durante las obras, ni el que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

El cumplimiento de todas las ordenanzas y disposiciones municipales que se encuentren vigentes en la localidad donde se encuentre la obra, será responsabilidad del contratista.

El contratista será responsable de cualquier accidente o perjuicio que, por inexperiencia, descuido o incumplimiento de la legislación vigente en materia de seguridad, se produzcan tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las contiguas,

puesto que los gastos para cumplimentar dichas disposiciones legales se consideran incluidos en el precio contratado.

El contratista deberá tener contratado un seguro que cubra las indemnizaciones a quienes correspondan y cuando a ello hubiera lugar, los perjuicios que puedan causarse en las operaciones de ejecución de las obras, quedando la propiedad eximida de dicha responsabilidad.

Será a cuenta del contratista el vallado y política del solar, cuidando de la conservación de sus líneas de lindero y vigilando que, por los poseedores de las fincas contiguas, si las hubiese, u otras personas ajenas a las obras, no se realicen durante la obra actos que mermen o modifiquen a la misma.

#### **4.5.Seguridad.**

El contratista estará obligado a tomar las medidas de seguridad que sean pertinentes según las disposiciones vigentes para evitar, en la medida de lo posible, accidentes a los obreros o viandantes en cualquier lugar de la obra, incluso los accidentes en zonas ajenas a la misma, que se deriven de dichas obras.

#### **4.6.Licencias, permisos e impuestos.**

El contratista debe tramitar todas las licencias, permisos e impuestos necesarios para la ejecución normal de las obras, con excepción de las correspondientes a las expropiaciones, servidumbres y servicios definidos en el contrato, corriendo el pago de los mismos por cuenta del propietario.

#### **4.7.Causas de rescisión del contrato.**

A continuación se enumeran las causas de rescisión de contrato:

- Incumplir por parte del contratista, las condiciones fijadas en el pliego de condiciones, tanto por negligencias como por cualquier otra causa.
- Las modificaciones del proyecto de tal forma que presenten alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y en cualquier caso siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de estas modificaciones, represente como mínimo, el 25% del importe.
- Las modificaciones de unidades de obra, siempre que estas modificaciones, presenten variaciones como mínimo del 40% de las unidades del proyecto modificadas.
- Cuando se llevara en el desarrollo de la obra una lentitud perjudicial para la buena marcha y terminación de las mismas.
- El no dar comienzo la contrata a los trabajos dentro del plan señalado en las condiciones del proyecto.
- La suspensión de la obra comenzada y, en todo caso, siempre por razones ajenas a la contrata, no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de 3 meses, a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la obra comenzada sin causa justificada.
- La no terminación de la obra en los plazos establecidos en el pliego de condiciones.
- Cuando sea aprobado por el director de obra que el contratista hubiera procedido de mala fe o ignorancia con el suministro de materiales o en la ejecución de las obras.
- Cuando el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas. En este caso, el director de obra, en nombre y representación del propietario, ordenará ejecutarlas a un tercero, con cargo a la fianza depositada.
- El incumplimiento de las instrucciones dadas por el director de obra al contratista.
- La muerte o incapacidad del contratista.
- La quiebra del contratista.

- En los dos casos anteriores, si los herederos o síndicos ofrecieran llevar a cabo la obra, bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el propietario puede admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tenga aquellos derechos a indemnización alguna.

## **5. CONDICIONES DE ÍNDOLE TÉCNICA.**

### **5.1. Condiciones para los materiales.**

De manera general, los materiales quedarán libres de defectos, irregularidades, etc., que pueda dificultar su instalación o montaje, o que puedan afectar negativamente a su comportamiento durante el proceso, pudiendo la dirección técnica desechar aquellos que a su juicio no reúnan las características requeridas.

Los materiales no podrán ser de ninguna manera distintos en sus características a los proyectados. Si se diese que hubiese que variar alguno inicialmente aprobado, el nuevo no podrá ser instalado sin la previa autorización de la dirección de obra, la cual podrá someterlos a cuantas pruebas estimen oportunas.

#### **5.1.1. Materiales no especificados.**

Cualquier material que fuese necesario utilizar que no haya sido especificado en el proyecto, debe reunir las condiciones requeridas para su función, siendo fijadas por el contratista las fuentes de suministro que estime oportunas. En cualquier caso, el contratista notificará al director de obra, con suficiente antelación, los materiales que se proponen utilizar y su procedencia, aportando cuando así lo solicite el director, las muestras y los datos necesarios para su posible aceptación, tanto en lo que se refiere a cantidad como a su calidad, siendo el criterio de la dirección facultativa inapelable.

### **5.1.2. Ensayos.**

Previo a su empleo, los materiales serán examinados y aceptados por el director de obra, quien podrá realizar todas las pruebas, análisis, ensayos, etc., que crea oportuno, hasta su aprobación definitiva. Los ensayos de materiales deberán hacerse en un laboratorio homologado.

## **5.2. Condiciones para la ejecución de las unidades de obra.**

### **5.2.1. Movimiento de tierras.**

Este apartado se refiere a los desmontes y terraplenes para dar al terreno la rasante de explanación, a la excavación a cielo abierto realizada con medios manuales y/o mecánicos y a la excavación de zanjas y pozos.

Se adoptan las condiciones generales de seguridad en el trabajo, así como las condiciones generales de seguridad en el trabajo, las condiciones relativas a los materiales, control de la ejecución, valoración y mantenimiento que especifican las normas tecnológicas de edificación (N.T.E.) de acondicionamiento del terreno que corresponda (vaciado, zanjas y pozos, etc.).

### **5.2.2. Cimentaciones.**

Las secciones y cotas de profundidad serán las que el ingeniero director señale. No se rellenarán los cimientos hasta que éste lo ordene.

El ingeniero director queda facultado para introducir las cimentaciones especiales o modificaciones que crea oportuno en función de las características particulares que presente el terreno.



Se adoptan las condiciones relativas a materiales, control, valoración, mantenimiento y seguridad especificadas en las normas tecnológicas de edificación (N.T.E.) de cimentaciones que corresponda.

### **5.2.3. Estructuras de hormigón.**

En este apartado se hace referencia a las condiciones relativas a los materiales y equipos de origen industrial, relacionadas con la ejecución de las obras de hormigón en masa o armado fabricados en obra o prefabricados, así como las condiciones generales de ejecución, criterios de medición, valoración y mantenimiento.

Regirá lo prescrito en la instrucción EHE para las obras de hormigón en masa o armado. Así mismo, se adopta lo establecido en las normas NTE-EH “Estructuras de hormigón” y NTE-EME “Estructuras de madera. Encofrados”.

### **5.3. Control de calidad.**

Antes de dar comienzos las obras, el contratista deberá presentar al director facultativo para su aprobación, el Plan de Control de Calidad y el de puntos de Inspección y Control de la obra, que será de aplicación tanto a la obra civil como a los equipos eléctricos y mecánicos a instalar.

Para la ejecución de todas las unidades de obra, éstas se someterán a los controles establecidos por la normativa legal vigente de aplicación, o los que por cualquier motivo considere necesario la dirección facultativa.

En los mencionados planes, se recogerá de forma clara, la identificación de cada unidad de obra, el tipo de ensayo a realizar y la normativa de aplicación, la frecuencia de realización de cada tipo de ensayo, y las condiciones de aceptación o rechazo. Para materiales y equipos definirá los certificados de origen, pruebas y garantías que deberá

aportar el proveedor de los mismos, así como las pruebas y ensayos a realizar en la obra, la frecuencia de los mismos y las condiciones de aceptación o rechazo.

#### **5.4. Obras o instalaciones no específicas.**

Si en el transcurso de las obras fuera necesario utilizar alguna clase de trabajo no regulado en el Pliego de Condiciones, el contratista queda obligado a llevarlo a cabo según las instrucciones que reciba del ingeniero director, el cual deberá tener en cuenta la normativa vigente sobre el particular. El contratista no tendrá derecho a reclamación alguna.

### **6. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES**

#### **6.1. Definición y alcance del pliego**

##### **6.1.1. Análisis y utilidad del pliego**

En la obra se aplicarán las normas que se encuentren reflejadas en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, excepto autorización escrita de la dirección facultativa.

De lo mencionado en este Pliego se antepondrán los puntos expuestos en el vigente Pliego de Condiciones, siempre que no contradiga lo estipulado en el contrato para la realización de la obra.

##### **6.1.2. Normativa aplicable.**

Las siguientes normas serán de aplicación expresa en la realización del proyecto:

- Reglamento de Recipientes a Presión.

- Legislación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Recomendaciones y Normas de la Organización Internacional de Normalización (I.S.O.).
- Normativa dispuesta a lo largo del presente proyecto.
- En general, cuantas prescripciones figuran en los reglamentos, Normas e Instrucciones Oficiales, que guarden relación con el presente proyecto.

Si alguna normativa anterior coincidiera de manera distinta en algún concepto se entenderá como válida la más actual y estricta.

Si se diera el caso de que se actualizara o entrara en vigor alguna normativa, será de aplicación lo especificado en la misma.

### **6.1.3. Condiciones de cumplimiento en las instalaciones.**

#### **6.1.3.1. Instalación contraincendios.**

De acuerdo con la normativa aplicable, se llevará a cabo la instalación de sistemas automáticos de detección de incendios, sistemas manuales de alarmas de incendios, bocas de incendios equipadas y extintores de polvo químico, todos ellos serán revisados según prevalezca en su ficha de control de mantenimiento, también serán colocados y señalizados de manera conveniente y atendiendo a la normativa vigente.

#### **6.1.3.2. Almacenamiento y señalización de productos.**

Los productos que se haya de considerar de riesgo como disolventes, pinturas, barnices, etc., se almacenarán de forma segura y controlada en lugares limpios y ventilados, debidamente señalizados y fuera de cualquier riesgo. Según la índole de cada tipo de producto la señalización será acorde con el riesgo de cada uno.

#### **6.1.3.3. Instalación de protección.**

En este apartado se hace referencia a las condiciones de ejecución, a los materiales de control de la ejecución, a la seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento, relativas a las instalaciones de protección contra fuego y rayos.

De modo que cumplirá lo relativo a la norma NBE-CPI-96 sobre las condiciones de protección contra incendios y se adoptará lo establecido en la norma NTE-IPF; y el anejo 6 de la EH-82, y por último la norma NTE-IPP.

#### **6.1.4. Condiciones técnicas de los servicios complementarios.**

Las instalaciones contarán con aseos y sala de comedor para los trabajadores, de modo que algunas de las indicaciones serán:

##### **6.1.4.1. Aseos.**

- Contarán con lavabos, duchas, urinarios y retretes, con suficiente agua corriente tanto caliente como fría, y con dimensiones adecuadas.
- Estarán dotados de elementos auxiliares (jabón, seca manos, papel, etc.).
- Contarán con asientos y taquillas, de manera que puedan ser usados como vestuarios.
- De fácil acceso y separados para hombres y mujeres.

##### **6.1.4.2. Comedor**

- Se instalarán comedores con mesas y asientos suficientes para los trabajadores.
- Contarán con medios para calentar la comida.
- Dichas instalaciones deben mantenerse en las debidas condiciones de limpieza y desinfección.

#### **6.1.5. Características de los materiales.**

##### **6.1.5.1. Indicaciones principales.**

Como ya se ha comentado antes en el Pliego de Condiciones Generales, los materiales que se utilizarán en las instalaciones deben cumplir con el presente Pliego, de manera

que pueden ser rechazados por el director de obra si no cumplen con los requisitos marcados, de este modo, deberán ser examinados y ensayados antes de ser aceptados.

Cuando la procedencia de los materiales no esté definida en el Pliego de Condiciones, el origen de éstos estará fijado según el contratista estime oportuno, debiendo notificar al director de obra con suficiente antelación dicha procedencia, aportando si el director cree oportuno, las muestras o datos para su aceptación, refiriéndose tanto a su cantidad como a su calidad.

- Manipulación de los materiales:

Todos y cada uno de los materiales se manipularán con cuidado, de manera que se mantengan las características de éstos.

- Inspección en planta:

El ingeniero director puede llevar a cabo una inspección del material o de los artículos manufacturados en sus respectivas fuentes, si cualquier consideración lo justifica.

- Materiales defectuosos:

Si el ingeniero no considera lo contrario, los materiales que no se ajusten a los requisitos especificados en el Pliego de Condiciones se considerarán defectuosos, y serán rechazados del lugar de la obra.

Los materiales rechazados que sean corregidos no serán de utilidad hasta que no se les otorgue la aprobación pertinente.

- Retirada del material no empleado en la obra:

De forma que avance la obra, el contratista deberá realizar la retirada de material que no vayan a ser utilizados en la obra.

- Electricidad y agua:

Los permisos que sean necesarios para las concesiones en la utilización del tendido eléctrico y la red de aguas, serán obligación del contratista su obtención.

- Objetos y material aprovechable en las obras:

El Estado se reserva la propiedad de los objetos de arte, antigüedades, monedas y materiales aprovechables en general que se encuentren en las excavaciones y demoliciones realizadas en terrenos del Estado o expropiados para la ejecución de la obra, sin perjuicio de los derechos que legalmente correspondan a terceros.

El contratista está obligado a emplear todas las precauciones que para la extracción de tales objetos le indiquen por la dirección y derecho a que se le abone el exceso de gasto que tales trabajos le causen.

El contratista tiene la obligación de advertir a su personal de los derechos del Estado sobre esto siendo responsable subsidiario de las sustracciones o desperfectos que pueda ocasionar el personal empleado de la obra.

El contratista tiene derecho a la utilización de elementos de estructuras metálicas desmontadas y retiradas de los edificios, de naves o de objetos de demolición.

#### 6.1.5.2. Calidades de los materiales de los equipos.

A continuación se exponen los materiales referentes a los distintos equipos de la instalación, y sus características de funcionamiento con algunas consideraciones.

##### A. Bombas.

Las bombas que se van a instalar en este proyecto, se encuentran seleccionadas según la Memoria de Cálculo y la Memoria Descriptiva.

EQUIPO	ESPECIFICACIONES
<b>Bombas de captación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Fabricante: BOMBAS ZEDA</li><li>- Modelo: serie FT</li><li>- Caudal: 244,14 m<sup>3</sup>/h</li><li>- Presión mín.: 10 bar</li><li>- N° instaladas: 8</li></ul>

	- Material: Acero inoxidable
<b>Bombas de impulsión de alimentación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: BOMBAS ZEDA</li> <li>- Modelo: serie ZS-ZSR</li> <li>- Caudal: 976,5625 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Presión mín.: 10 bar</li> <li>- N° instaladas: 2</li> <li>- Material: Acero inoxidable</li> </ul>
<b>Bomba de impulsión de permeado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: BOMBAS ZEDA</li> <li>- Modelo: serie ZS-ZSR</li> <li>- Caudal: 820,3125 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Presión mín.: 6 bar</li> <li>- N° instaladas: 1</li> <li>- Material: Acero inoxidable</li> </ul>
<b>Bomba de impulsión de agua producto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: BOMBAS ZEDA</li> <li>- Modelo: serie ZS-ZSR</li> <li>- Caudal: 820,3125 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Presión mín.: 6 bar</li> <li>- N° instaladas: 1</li> <li>- Material: Acero inoxidable</li> </ul>
<b>Bomba de impulsión de salmuera</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: BOMBAS ZEDA</li> <li>- Modelo: serie ZS-ZSR</li> <li>- Caudal: 1.132,8125 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Presión mín.: 6 bar</li> <li>- N° instaladas: 1</li> <li>- Material: Acero inoxidable</li> </ul>
<b>Bomba de lavado químico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: BOMBAS ZEDA</li> <li>- Modelo: serie ZJ-ZK</li> <li>- Caudal: 792 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Presión mín.: 16 bar</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- N° instaladas: 1</li> <li>- Material: Acero inoxidable</li> </ul>
<b>Bombas dosificadoras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: LEWA</li> <li>- Modelo: serie ECODOS</li> <li>- Caudal: (depende del producto)</li> <li>- N° instaladas: 8</li> <li>- Material: Plásticos</li> </ul>
<b>Bombas de alta presión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: SULZER</li> <li>- Modelo: serie MC</li> <li>- Caudal: 976,5625 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Presión mín.: 180 bar</li> <li>- N° instaladas: 2</li> <li>- Material: Acero inoxidable</li> </ul>

Tabla 3. 1. Especificaciones de las bombas.

Además de tener en cuenta las características particulares de cada bomba, se observarán las siguientes consideraciones:

- Las tuberías de descarga tendrán incorporadas una conexión con tapón roscado para la medida de la presión.
- Se dispondrá de válvulas a ambos lados de la bomba para su aislamiento en caso de quedar fuera de servicio.
- Se indicará el tipo de cojinetes elegidos y el sistema de lubricación adecuado, también se tendrá en cuenta la temperatura máxima y el tipo de protección y alarma para cada cojinete.
- Los cojinetes se dimensionarán de manera que permitan una duración de 100.000 horas en bombas de utilización continua y 50.000 horas en bombas de utilización intermitente.
- Los alojamientos de los cojinetes serán estancos a la humedad y a todas las materias extrañas. Las bombas estarán diseñadas de manera que las operaciones de mantenimiento se puedan llevar a cabo sin necesidad de desmontar el motor de accionamiento ni la propia carcasa.



- Las purgas de las bombas, serán conducidas al sistema de drenaje, evitando en todo momento que el agua vierta en el suelo de la estación.
- Las bombas se montarán de tal forma que sus acoplamientos de entrada y salida de agua impulsada no soporten tensiones por las tuberías acopladas.
- Los ensayos mínimos que se deberán efectuar serán los de Curva-Caudal, el punto de funcionamiento y altura manométrica nominal, donde se incluirá caudal, revoluciones, potencia en el eje, rendimiento y temperatura.
- Los controles durante el montaje de las bombas deben realizar las alineaciones de la aspiración e impulsión, comprobación de anclaje a la banda y los acoplamientos.
- Las bombas dosificadoras serán preferentemente de tipo pistón o de membrana no siendo rechazado otro tipo, siempre que se avale su funcionamiento en situaciones similares. Deberán incluir válvulas de retención y aislamiento. Serán de caudal variable, pudiendo regular la dosificación.
- Los motores que se elijan serán los adecuados para cada bomba, teniendo en cuenta las prescripciones que se muestran a continuación.
  - o Trifásico.
  - o Tensión: 380/ 660 V.
  - o Frecuencia: 50/ 60 Hz.
  - o Aislamiento: CLASE F.
  - o Ambiente: Exterior (hasta 40 °C).
  - o Carcasa y ventilador: Tratados con pintura epoxi anticorrosiva.
  - o Aptitud para trabajar con variador de frecuencia.
  - o Protección: Completamente cerrados (CLASE IP55).
  - o Conexión de devanado en estrella.
  - o Arranque suave a partir de 55 Kw.
  - o Rotación en un solo sentido.
  - o Acoplamiento elástico de manera que permita el desmontaje de la bomba sin intervenir sobre el motor o las tuberías.
  - o Motores con más de 100CV de potencia, incorporarán una alarma de temperatura de los rodamientos.

- Los controles durante el montaje incluirán los de comprobación de anclaje a la bancada, alineaciones y acoplamientos. Durante las pruebas de funcionamiento, se comprobará el sentido de giro, vibraciones, calentamiento y consumos.

#### **B. Tuberías.**

- Tanto las tuberías de agua de mar como las de agua tratada que se encuentren a baja presión serán de PRFV, incluyendo los elementos como té, codos, etc.
- Tanto las tuberías como los diferentes elementos (codos, conexiones, etc.) de agua que se encuentren a alta presión, serán de acero 316L.
- Las tuberías de dosificación química como medida preventiva serán de PEBD, excepto la de dosificación de ácido sulfúrico que será de PEAD, debido a su agresividad.

#### **C. Válvulas.**

- Válvulas en la zona de baja presión:
  - Mariposa (PN10), con cuerpo de acero inoxidable, recubierto de EPDM.
  - Retención (PN10), con cuerpo de fundición dúctil equipado con bridas, obturador o batiente de acero inoxidable, revestidas interior y exteriormente con polvo epoxídico.
- Válvulas en la zona de alta presión:
  - Globo (PN100), con cuerpo de acero inoxidable, recubierto de EPDM.
  - Retención (PN10), con cuerpo de fundición dúctil equipado con bridas, obturador o batiente de acero inoxidable, revestidas interior y exteriormente con polvo epoxídico.
- Válvulas en las líneas de dosificación química:
  - Bola, de PVC o material similar.

**D. Depósitos.**

EQUIPOS	ESPECIFICACIONES
<b>Depósito inicial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: hormigón armado</li> <li>- Volumen: 5.859,375 m<sup>3</sup></li> <li>- Dimensiones: 50x30x4 (con un desnivel de 1 metro)</li> <li>- N° instalados: 1</li> </ul>
<b>Deposito de equilibrio osmótico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: ATERMIC</li> <li>- Material: PRFV</li> <li>- Volumen: 40 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro: 3,2 m</li> <li>- Longitud: 5,46 m</li> <li>- N° instalados: 1</li> </ul>
<b>Depósito de agua producto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: AIQSA</li> <li>- Material: PRFV</li> <li>- Volumen: 1.125 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro: 10 m</li> <li>- Altura: 15,57 m</li> <li>- N° instalados: 2</li> </ul>
<b>Depósito de lavado químico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: ATERMIC</li> <li>- Material: PRFV</li> <li>- Volumen: 40 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro: 3,2 m</li> <li>- Altura: 5,475 m</li> <li>- N° instalados: 1</li> </ul>
<b>Depósito de hipoclorito sódico (pret)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: ATERMIC</li> <li>- Material: PRFV</li> <li>- Volumen: 20 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro: 2.5 m</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura: 4,465 m</li> <li>- N° instalados: 1</li> </ul>
<b>Depósito de ácido sulfúrico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: AIQSA</li> <li>- Material: PPAD</li> <li>- Volumen: 12,75 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro: 1,91 m</li> <li>- Altura: 4,5 m</li> <li>- N° instalados: 1</li> </ul>
<b>Depósito de bisulfito sódico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: ATERMIC</li> <li>- Material: PRFV</li> <li>- Volumen: 12 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro: 2,5 m</li> <li>- Altura: 2,835 m</li> <li>- N° instalados: 1</li> </ul>
<b>Depósito de antiincrustante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: ATERMIC</li> <li>- Material: PRFV</li> <li>- Volumen: 1 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro: 1 m</li> <li>- Altura: 2,495 m</li> <li>- N° instalados: 1</li> </ul>
<b>Depósito de hidróxido cálcico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: ATERMIC</li> <li>- Material: PRFV</li> <li>- Volumen: 35 m<sup>3</sup></li> <li>- Diámetro: 3,2 m</li> <li>- Altura: 4,855 m</li> <li>- N° instalados: 1</li> </ul>
<b>Depósito de hipoclorito sódico (post)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: ATERMIC</li> <li>- Material: PRFV</li> <li>- Volumen: 8 m<sup>3</sup></li> </ul>

- Diámetro: 2 m
- Altura: 2,955 m
- N° instalados: 1

Tabla 3. 2. Especificaciones de los depósitos.

#### E. Filtros de arena.

EQUIPOS	ESPECIFICACIONES
<b>Filtro de arena</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: POLTANK</li> <li>- Modelo: 30H50B10M31</li> <li>- Posición: horizontal</li> <li>- Material: PRFV (tanto en cuerpo como en conexiones)</li> <li>- Diámetro: 3 m</li> <li>- Longitud: 5,44 m</li> <li>- Superficie filtrante: 13,24 m<sup>2</sup></li> <li>- N° instalados: 8</li> </ul>

Tabla 3. 3. Especificaciones de los filtros de arena.

#### F. Filtros de cartuchos.

EQUIPOS	ESPECIFICACIONES
<b>Filtro de cartucho</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: HARMSCO</li> <li>- Modelo: HIF-200-FL</li> <li>- Posición: vertical</li> <li>- Material:</li> <li>- Medio filtrante: poliéster</li> <li>- Tubos centrales: PVC (o similar)</li> <li>- Portafiltros: acero inoxidable</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diámetro: 0,71 m</li> <li>- Altura: 1,47 m</li> <li>- Grado de filtración nominal: 5 micras</li> <li>- N° instalados: 18</li> </ul>
--	--

Tabla 3. 4. Especificaciones de los filtros de cartuchos.

**G. Unidad de ósmosis inversa.**

EQUIPOS	ESPECIFICACIONES
<b>Membranas de ósmosis inversa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: TORAY</li> <li>- Modelo: TM 820C-400</li> <li>- Material: poliamida aromática</li> <li>- Configuración: enrollamiento en espiral</li> <li>- Diámetro: 8"</li> <li>- Longitud: 40"</li> <li>- N° instaladas: 1000</li> </ul>
<b>Tubos de presión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: CODELINE</li> <li>- Modelo: 80E30</li> <li>- Diámetro: 0,209 m</li> <li>- Longitud: 7,645 m</li> <li>- N° instalados: 144</li> </ul>

Tabla 3. 5. Especificaciones del sistema de ósmosis inversa.

**H. Unidad de recuperación de energía.**

EQUIPOS	ESPECIFICACIONES
<b>Intercambiadores de presión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: ERI</li> <li>- Modelo: PX-260</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Material: material cerámico</li> <li>- Caudal: 50-59 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Presión: 20,7-82,7 bar</li> <li>- N° instalados: 22</li> <li>- Rendimiento: 98%</li> </ul>
<b>Bomba booster</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: FLOWSERVE</li> <li>- Modelo: HPX-H</li> <li>- Caudal: 566,4 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Presión: 150 bar</li> <li>- Material: acero inoxidable</li> <li>- N° instalados: 2</li> </ul>

Tabla 3. 6. Especificaciones del sistema de recuperación de energía.

#### I. Agitadores y mezcladores estáticos.

EQUIPOS	ESPECIFICACIONES
<b>Agitadores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: FLUIDMIX</li> <li>- Modelo: HPS3</li> <li>- Volumen de agitación: 50 m<sup>3</sup></li> <li>- Potencia: 2,2 Kw</li> <li>- Material: acero inoxidable</li> <li>- N° instalados: 2</li> </ul>
<b>Mezcladores estáticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fabricante: SULZER</li> <li>- Modelo: CompaX</li> <li>- Material: propileno</li> <li>- N° instalados: 8</li> </ul>

Tabla 3. 7. Especificaciones de los agitadores y mezcladores estáticos.

## **6.2. Agua tratada.**

### **6.2.1. Producción de agua desalada.**

El caudal de diseño de la planta desaladora es de 18.750 m<sup>3</sup>/día, siempre que el agua de alimentación tenga las mismas características que las previstas en el presente proyecto, y que no haya ningún tipo de problema o parada en la planta.

### **6.2.2. Salinidad promedio.**

La salinidad promedio semestral ponderada (por semestre natural) del agua tratada será inferior a los 400 ppm. La medida de dicha salinidad se realizará en los depósitos de agua producto existentes en la planta.

### **6.2.3. Salinidad del agua producida por una membrana.**

Cada membrana nueva, considerada individualmente, situada en el banco de pruebas y trabajando con las presiones, temperaturas, conversiones de diseño, etc., normalizadas para pruebas, producirá un rechazo de sales de un 99,75%.

### **6.2.4. Consumo de energía.**

La medición del consumo eléctrico se realizará en los contadores de alta de la estación transformadora. El consumo eléctrico específico semestral se realizará dividiendo el consumo total marcado en el contador por la cantidad total de agua producto bombeada a los depósitos municipales medido en los contadores de salida de la instalación de bombeo.



### **6.3. Ensayos y análisis.**

#### **6.3.1. Gestión de los laboratorios.**

Durante la construcción de la planta el laboratorio será gestionado por la contrata, reservándose el derecho a supervisión e información sin limitación alguna, o posibilidad de realizar análisis en otro laboratorio. Después, pasará a manos de la propia dirección de la planta desaladora.

#### **6.3.2. Determinaciones a realizar.**

Se deberán realizar las siguientes determinaciones:

- Temperatura del agua de mar en las distintas fases del tratamiento.
- pH del agua en las distintas fases del tratamiento.
- Potencial redox del agua de mar antes de su llegada a las membranas.
- Contenido en bacterias totales del agua en las distintas fases del tratamiento.
- Balance iónico del agua de mar.
- Balance iónico del permeado y del agua bombeada al exterior.
- Contenido de cloro residual del agua bombeada al exterior.
- Sondeo de tubos para ver el estado de las distintas membranas.
- Comprobación de las características de cada membrana individual, antes de su sustitución.
- Comprobación de las características de los distintos reactivos utilizados.

#### **6.3.3. Periodicidad de los ensayos.**

Se deberá llevar a cabo un plan de seguimiento anual propuesto con antelación, en el cual se refleje el número y frecuencia de los ensayos descritos en el punto anterior, y aquellos complementarios que se consideren.

#### **6.4. Garantías.**

##### **6.4.1. Garantía de materiales y equipos.**

Contando a partir de la puesta en marcha de los equipos, se tiene una garantía de todos los equipos y materiales de un año.

##### **6.4.2. Garantía de las membranas.**

Según las condiciones que se mostrarán a continuación, y produciendo unos caudales descritos en el presente proyecto, las membranas tendrán una garantía de tres años.

- Consideraciones a tener en cuenta:
  - o Deben enviarse las hojas de control de la instalación con una periodicidad indicada, después de haber sido analizadas previamente por parte del cliente para eliminar los errores accidentales.
  - o Cualquier alteración o reparación de los módulos o de la instalación debe ser aprobada por la empresa suministradora.
  - o La explotación de la planta debe realizarse de acuerdo con las indicaciones facilitadas por dicha empresa en sus manuales de instrucciones, algunas de éstas son: el agua de entrada a los módulos debe estar en un pH entre 6 y 7,5, el nivel de cloro residual libre debe ser cero, que se sigan las normas para evitar incrustaciones y ensuciamiento, seguir con las instrucciones para el control bacteriano, etc.

El alumno: Basilio José Tornay González

Algeciras, a 3 de Enero de 2014

